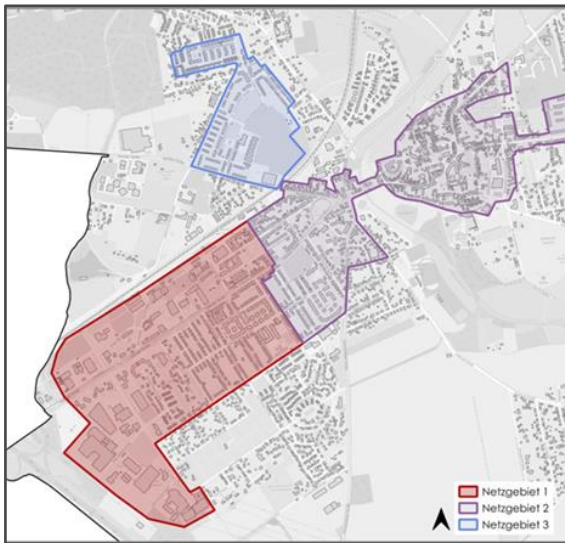




# Bericht zur Analyse der Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung des Netzgebietes 3 Taucha Nord/Grassdorf



**Auftraggeber:** Stadt Taucha  
Schloßstraße 13  
04425 Taucha

**Erstellt:** Team für Technik GmbH  
Büro Leipzig  
Karl-Liebknecht-Str. 88  
04275 Leipzig  
T. +49 341 223 871-21  
Mail leipzig@tftgmbh.de

**Datum:** 21.03.2025



## INHALTSVERZEICHNIS

|          |                                                                                                                      |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE</b>                                                                                | <b>2</b>  |
| <b>2</b> | <b>GRUNDLAGEN</b>                                                                                                    | <b>4</b>  |
| <b>3</b> | <b>SZENARIEN DER WÄRMEVERSORGUNG DER NAHWÄRME</b>                                                                    | <b>6</b>  |
| 3.1      | SZENARIO 1: NAHWÄRME MIT WÄRMEVERSORGUNG ÜBER SOLARTHERMIE, GROßWÄRMEPUMPE, BIOMASSE UND ERDBECKEN-SPEICHER          | 6         |
| 3.2      | SZENARIO 2: NAHWÄRME MIT WÄRMEVERSORGUNG ÜBER GROßWÄRMEPUMPE UND BIOMASSE                                            | 7         |
| <b>4</b> | <b>SZENARIEN AUSBAUSTUFEN/ANSCHLUSSQUOTEN NAHWÄRME</b>                                                               | <b>8</b>  |
| 4.1      | AUSBAUSTUFE 1: WÄRMENETZ FÜR NEUBAUTEN AM SCHULCAMPUS EBERTWIESE                                                     | 8         |
| 4.1.1    | BERECHNUNG DES WÄRMEBEDARFS UND DER ANSCHLUSSTEILNEHMER                                                              | 8         |
| 4.1.2    | DIMENSIONIERUNG WÄRMENETZ                                                                                            | 9         |
| 4.1.3    | DIMENSIONIERUNG HEIZZENTRALE                                                                                         | 10        |
| 4.2      | AUSBAUSTUFE 2: WÄRMENETZ FÜR NEUBAUTEN UND BESTANDSGEBÄUDE                                                           | 12        |
| 4.2.1    | BERECHNUNG DES WÄRMEBEDARFS UND DER ANSCHLUSSTEILNEHMER                                                              | 12        |
| 4.2.2    | DIMENSIONIERUNG WÄRMENETZ                                                                                            | 13        |
| 4.2.3    | DIMENSIONIERUNG HEIZZENTRALE                                                                                         | 14        |
| <b>5</b> | <b>WIRTSCHAFTLICHKEIT</b>                                                                                            | <b>16</b> |
| 5.1      | RANDBEDINGUNGEN                                                                                                      | 16        |
| 5.2      | AUSBAUSTUFE 1: WÄRMENETZ FÜR NEUBAUTEN AM SCHULCAMPUS EBERTWIESE                                                     | 17        |
| 5.2.1    | INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN WÄRMENETZ                                                                           | 17        |
| 5.2.2    | INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN DER WÄRMEERZEUGUNG IN SZENARIO 1                                                    | 18        |
| 5.2.3    | INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN DER WÄRMEERZEUGUNG IN SZENARIO 2                                                    | 23        |
| 5.2.4    | VERGLEICH DER WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN DES WÄRMENETZES IN AUSBAUSTUFE 1 ZWISCHEN DEN SZENARIEN UND DER EINZELVERSORGUNG | 28        |
| 5.3      | AUSBAUSTUFE 2: WÄRMENETZ FÜR NEUBAUTEN UND BESTANDSGEBÄUDE                                                           | 30        |
| 5.3.1    | INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN WÄRMENETZ                                                                           | 30        |
| 5.3.2    | INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN DER WÄRMEERZEUGUNG IN SZENARIO 1                                                    | 33        |
| 5.3.3    | INVESTITIONS- UND BETRIEBSKOSTEN DER WÄRMEERZEUGUNG IN SZENARIO 2                                                    | 38        |
| 5.3.4    | VERGLEICH DER WÄRMEGESTEHUNGSKOSTEN DES WÄRMENETZES IN AUSBAUSTUFE 2 ZWISCHEN DEN SZENARIEN UND DER EINZELVERSORGUNG | 43        |
| 5.4      | WIRTSCHAFTLICHKEIT DER DEZENTRALEN WÄRMEVERSORGUNG DER GEBÄUDE                                                       | 45        |
| 5.4.1    | WIRTSCHAFTLICHKEIT - TYP NEUBAU                                                                                      | 45        |



## 1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im zentralen Bereich des Netzgebietes 3 Taucha Nord/Grassdorf ist die Errichtung eines Schul- und Sportcampus geplant, der eine Erweiterungsschule, eine Sporthalle und eine Grundschule umfasst. Ergänzend dazu sollen neue Wohnblöcke von Vonovia und WOTA entstehen.

Im Rahmen dieser Entwicklung wird in der vorliegenden Studie untersucht, ob eine Nahwärmelösung für das Gebiet wirtschaftlich vorteilhafter ist als eine dezentrale Wärmeerzeugung. Dazu wurden zwei Ausbaustufen des Wärmenetzes analysiert: Die erste Stufe beschränkt sich auf die Neubauten auf der Ebertwiese, während in der zweiten Stufe auch die Bestandsgebäude im Gebiet einbezogen werden.

Für jede Ausbaustufe wurden zwei Szenarien für Nahwärmelösungen entwickelt und deren Wirtschaftlichkeit bewertet. Diese Szenarien wurden anschließend mit der Einzelversorgung der Gebäude hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit verglichen.

### AUSBAUSTUFE 1

Als Ergebnis konnte für die Ausbaustufe 1 gezeigt werden, dass eine Nahwärmelösung gegenüber dezentralen Wärmeversorgungen mittel- bis langfristig wirtschaftlich attraktiver ist (siehe nachfolgende Tabelle mit Wärmegestehungskosten).

| Wärmegestehungskosten<br>(brutto)        | Wärmenetz<br>Szenario 1 | Wärmenetz<br>Szenario 2 | Einzelversorgung<br>Typ Neubau |
|------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| inkl. Förderung                          | 0,14 €/kWh              | 0,14 €/kWh              | 0,18 €/kWh                     |
| Inkl. Förderung und<br>Gewinnmarge (10%) | 0,16 €/kWh              | 0,15 €/kWh              |                                |
| Ohne Förderung                           | 0,16 €/kWh              | 0,15 €/kWh              |                                |
| ohne Förderung und<br>Gewinnmarge (10%)  | 0,18 €/kWh              | 0,16 €/kWh              |                                |

Tabelle 1: Vergleich der Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 1 des Wärmenetzes für das Neubaugebiet Ebertwiese mit den Kosten für die dezentrale Wärmeversorgung Typ Neubau

Wie in der oberen Tabelle ersichtlich, liegen die Wärmegestehungskosten in beiden Szenarien, unabhängig von der Betrachtung mit oder ohne Förderung oder mit oder ohne Gewinnmarge des Betreibers, jeweils unter den Kosten der Einzelversorgung für den Gebäudetyp Neubau im Neubaugebiet Ebertwiese.

Basierend auf den Ergebnissen wird empfohlen, dass Wärmenetz in der Ausbaustufe 1 im Rahmen einer Machbarkeitsstudie gemäß BEW-Modul 1 der BAFA weiterzuentwickeln. Unter den angenommenen Voraussetzungen (z. B. Anschluss aller Neubauten) erweist sich dies als die wirtschaftlichste Lösung.



## AUSBAUSTUFE 2

Bei Ausbaustufe 2 zeigt sich im Ergebnis, dass das Wärmenetz in Ausbaustufe 2 wirtschaftlich mit der dezentralen Wärmeversorgung über eine Außenluft-Wärmepumpe vergleichbar ist, jedoch keine wirtschaftlichen Vorteile bietet.

| Wärmegestehungskosten(brutto)         | Wärmenetz Szenario 1 | Wärmenetz Szenario 2 | Dezentrale Wärme Typ EFH | Dezentrale Wärme Typ MFH |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| inkl. Förderung                       | 0,18 €/kWh           | 0,21 €/kWh           | 0,20 €/kWh               | 0,18 €/kWh               |
| Inkl. Förderung und Gewinnmarge (10%) | 0,20 €/kWh           | 0,23 €/kWh           |                          |                          |
| Ohne Förderung                        | 0,22 €/kWh           | 0,22 €/kWh           | 0,25 €/kWh               | 0,19 €/kWh               |
| ohne Förderung, mit Gewinnmarge (10%) | 0,24 €/kWh           | 0,24 €/kWh           |                          |                          |

Tabelle 2: Vergleich der Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 2 des Wärmenetzes für 2 Szenarien mit den Kosten für die dezentrale Wärmeversorgung Typ Bestandsgebäude EFH und MFH

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass ein Wärmenetz in Ausbaustufe 2 unter den gegebenen Rahmenbedingungen wirtschaftlich eher weniger vorteilhaft ist als eine dezentrale Wärmeversorgung mit Außenluft-Wärmepumpen. Wie auch in der oberen Tabelle ersichtlich, wird die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes jedoch maßgeblich von den Förderbedingungen beeinflusst.

Die Ergebnisse der Vorstudie zur Ausbaustufe 2 des Wärmenetzes verdeutlichen, dass vor einer möglichen Umsetzung weiterer Ausbaustufen vertiefende Untersuchungen, wie etwa Machbarkeitsstudien, erforderlich sind. Diese sollen klären, welche Rahmenbedingungen – wie die Anzahl der Anschlussnehmer oder verfügbare Fördermöglichkeiten – zu diesem Zeitpunkt gegeben sind.

Detaillierte Informationen zu den Berechnungen und den zugrunde liegenden Annahmen können dem vorliegenden Bericht entnommen werden.

Eine Zusammenfassung über die wichtigsten Ergebnisse sind in einem Steckbrief zur Analyse der Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung des Netzgebietes 3 enthalten.



## 2 Grundlagen

Das Netzgebiet 3 befindet sich nordwestlich des Zentrums von Taucha beim Stadtteil Graßdorf (siehe blaue Markierung in nachfolgender Abbildung).

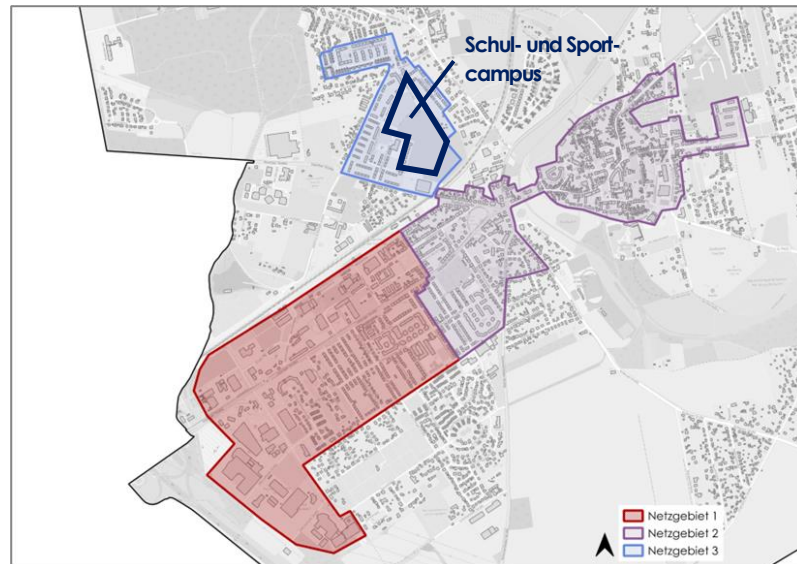


Abbildung 1: Darstellung des Netzgebietes 3 mit Erweiterung des Schul- und Sportcampus in blauer Markierung

Im zentralen Bereich des Netzgebietes 3 ist die Errichtung eines Schul- und Sportcampus geplant, bestehend aus einer Erweiterungsschule, einer Sporthalle und einer Grundschule. Ergänzend dazu sollen neue Wohnblöcke von Vonovia und WOTA entstehen. Grundlage für die Flächenberechnungen bildet der Bebauungsplan Nr. 58a „Friedrich-Ebert-Wiese Schul- und Sportcampus“.

Im Rahmen der Entwicklung des Schul- und Sportcampus sowie der geplanten Wohnblöcke wird in dieser Studie untersucht, ob eine Nahwärmelösung wirtschaftlich vorteilhafter ist als eine dezentrale Wärmeherzeugung. Hierfür wurden zwei Ausbaustufen des Wärmenetzes analysiert. Die erste Ausbaustufe umfasst lediglich die Neubauten auf der Ebertwiese, während in der zweiten Ausbaustufe auch die Bestandsgebäude im Netzgebiet 3 berücksichtigt werden.

Für die beiden Ausbaustufen wurden zwei Szenarien zur Wärmeversorgung des Wärmenetzes miteinander verglichen. In der ersten Ausbaustufe wird aufgrund der Altlastensituation des Gebiets von der Nutzung von Erdwärme durch Erdwärmesonden oder Grundwasserpumpen abgesehen. In einem Szenario der zweiten Ausbaustufe wird der Einsatz von Erdwärmesonden geprüft, die beispielsweise in den rot markierten Bereichen der nachfolgenden Abbildung platziert werden könnten.

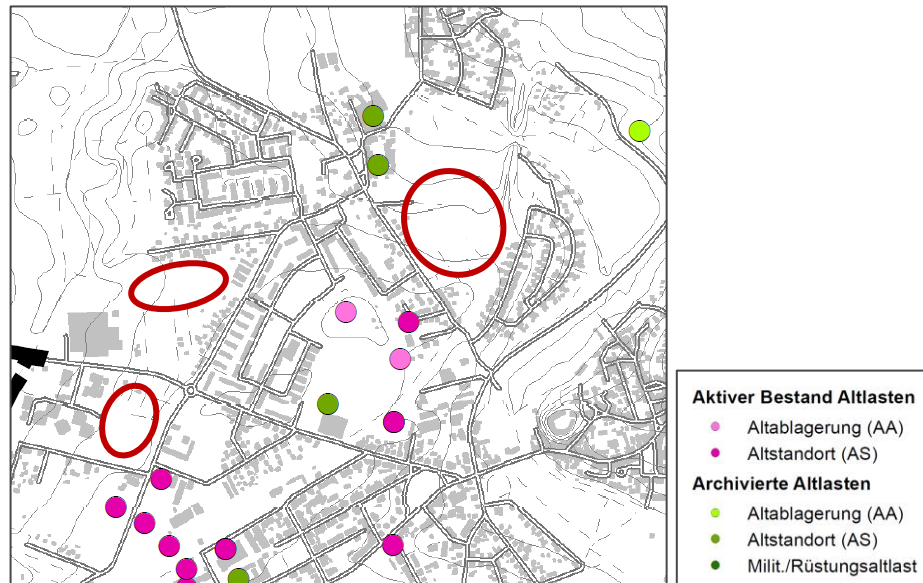


Abbildung 2: Auszug aus dem Altlastenkataster für das Gebiet mit Darstellung potenzieller Flächen für Erdsondenfelder (rote Markierung)

Die genaue Positionierung der Erdwärmesonden für die Ausbaustufe 2 muss bei einer positiven Entscheidung für den Ausbau im weiteren Planungsprozess detailliert untersucht werden.

Auch die mögliche Platzierung von Solarkollektoren wird in dieser Vorstudie noch nicht abschließend festgelegt. Für das Neubaugebiet bieten sich insbesondere die Dachflächen der Gebäude an. Mit größerem Bedarf an Kollektorflächen in Ausbaustufe 2 könnten auch umliegende Felder oder Grünflächen in Betracht gezogen werden. Idealerweise befinden sich diese Flächen für Kollektoren in der Nähe der roten Markierungen rund um die Sondenfelder, sodass die Sondenfelder im Sommer durch die Solarthermie regeneriert werden können.



### 3 Szenarien der Wärmeversorgung der Nahwärme

Für die Wirtschaftlichkeit werden zwei Szenarien einer möglichen Wärmeversorgung eines Nahwärmenetzes miteinander verglichen, die nachfolgend in den Unterkapiteln aufgezeigt sind.

#### 3.1 Szenario 1: Nahwärme mit Wärmeversorgung über Solarthermie, Großwärmepumpe, Biomasse und Erdbeckenspeicher

Für die **Ausbaustufe 1** wird eine Wärmeversorgung vorgeschlagen, die auf einer Kombination aus Solarthermie mit Saisonal-Speicher, einer Großwärmepumpe und einem Biomasse-Heizkessel basiert. Ein Solarthermie-Feld könnte dabei im Sommer als Grundlastquelle dienen, wobei überschüssige Wärme in einen Erdbeckenspeicher transportiert wird. Um die gewonnene Wärme aus der Solarthermie optimal nutzen zu können, würde das Wärmenetz im Sommer mit höheren Temperaturen betrieben. Aus dem Erdbeckenspeicher könnte die Großwärmepumpe Wärme bis zu einer Temperatur von 10 °C entziehen und diese auf ein Temperaturniveau von etwa 50 °C für das Wärmenetz erhöhen. Ergänzend wird ein Biomasse-Heizkessel als Spitzenlastquelle vorgeschlagen.

In **Ausbaustufe 2** wird der zusätzliche Wärmebedarf für den Anschluss der Bestandsgebäude im Quartier durch weitere Solarthermie-Anlagen und Erdsondenfelder gedeckt. Überschüsse der Solarthermie im Sommer können in den Erdsondenfeldern gespeichert werden. Großwärmepumpen gewährleisten die Bereitstellung der benötigten Vorlauftemperatur des Wärmenetzes von etwa 50 °C.

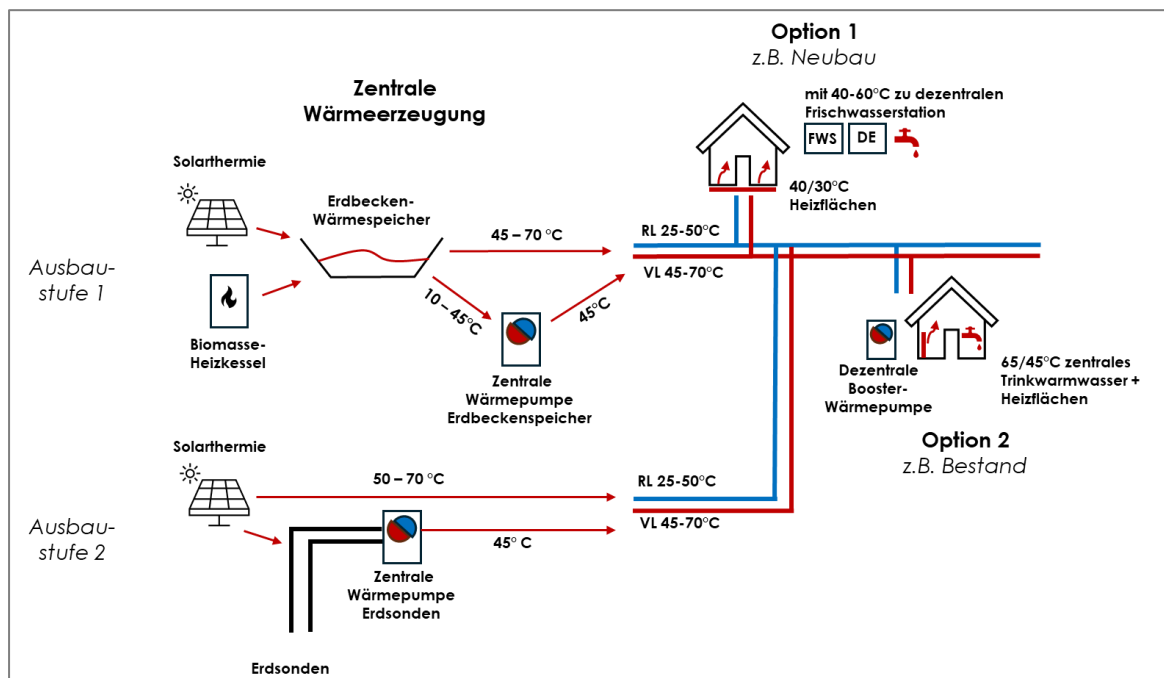


Abbildung 3: Szenario 1 zur Wärmeversorgung des Nahwärmenetzes mit Ausbaustufe 1 und 2





### 3.2 Szenario 2: Nahwärme mit Wärmeversorgung über Großwärmepumpe und Biomasse

In Szenario 2 unterscheiden sich die beiden Ausbaustufen nicht.

Für **Ausbaustufe 1 und 2** wird vorgeschlagen, dass die Wärmeversorgung über eine zentrale Außenluft-Großwärmepumpe und einen Biomasse-Heizkessel erfolgt. Die Außenluft-Großwärmepumpe dient als Grundlast- und Mittellasterzeugung, der Biomasse-Heizkessel als Spitzenlastherzeuger (siehe Jahresdauerlinie in Abbildung 7). Durch die Nutzung von PV-Strom, vor allem durch PV-Überschuss in den Sommermonaten, soll die Wirtschaftlichkeit der Großwärmepumpe gegenüber dezentralen Wärmepumpen optimiert werden. Mithilfe eines großen Wärmespeichers kann zu Zeiten günstigen PV-Stroms ein Überschuss an Wärme produziert werden.

Für die Optimierung der Effizienz wird vorgeschlagen das Netz als mittelwarmes Netz mit Vorlauftemperaturen zwischen 45 – 70°C auszulegen. Bei überschüssigem PV-Strom könnte die Temperatur der Wärmepumpe bis 70°C hochgefahren werden (z.B. im Sommer). Diese Temperatur könnte dann beispielsweise direkt zur Warmwasserbereitung der Bestandsgebäude genutzt werden.

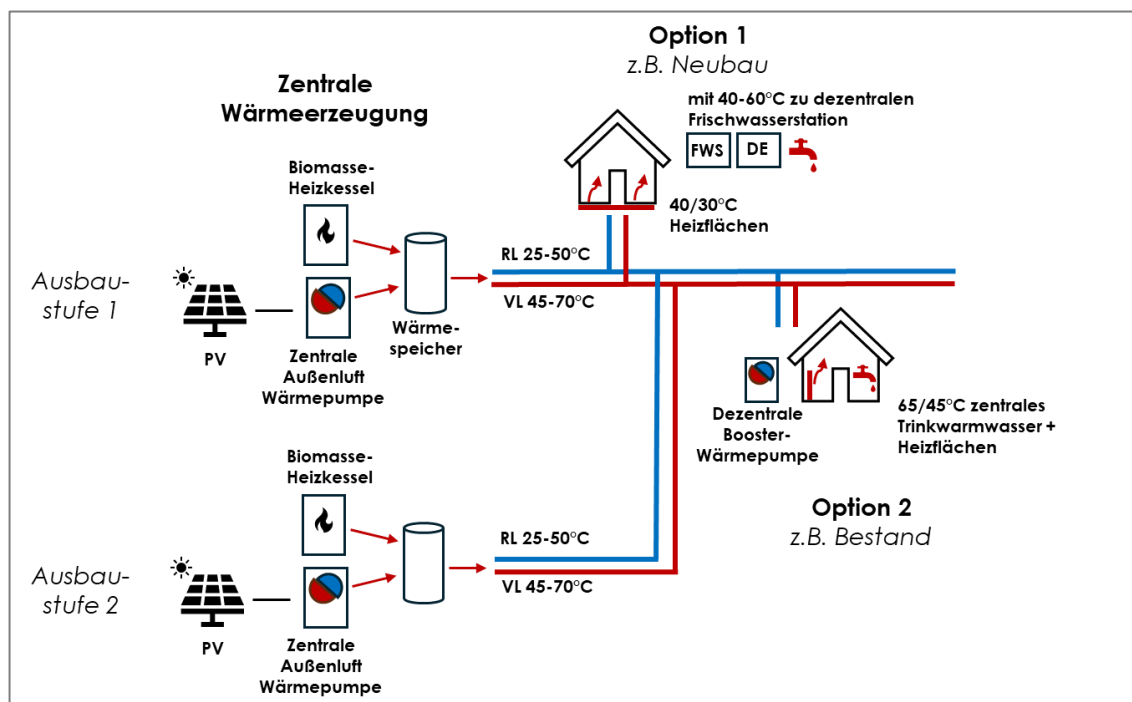


Abbildung 4: Szenario 2 zur Wärmeversorgung des Nahwärmenetzes mit Ausbaustufe 1 und 2





## 4 Szenarien Ausbaustufen/Anschlussquoten Nahwärme

### 4.1 Ausbaustufe 1: Wärmenetz für Neubauten am Schulcampus Ebertwiese

In der ersten Ausbaustufe werden die geplanten Neubauten gemäß des Bebauungsplans 58a „Schulcampus Ebertwiese“ angeschlossen. Dabei handelt es sich um den Schulcampus mit Erweiterungsschule, Sporthalle und Grundschule. Außerdem werden die Wohngebäude der Vonovia und die Gebäude der WOTA am Wärmenetz angeschlossen. Die Erweiterung des Kauflandes wurde für das Wärmenetz nicht berücksichtigt.

#### 4.1.1 Berechnung des Wärmebedarfs und der Anschlussteilnehmer

Für das Neubaugebiet wurden die Flächen aus dem städtebaulichen Entwurf Abb. 8 Stand 18.11.2022 aus der Begründung zum Bebauungsplan 58a „Schulcampus Ebertwiese“ entnommen.

|                     | BGF<br>Gesamt<br>[m²] | spezifischer<br>Heizbedarf<br>Richtwert<br>[kWh/m²a] | Heiz-<br>bedarf<br>[MWh/a] | spezifischer<br>TWW-<br>Bedarf<br>[kWh/m²a] | TWW-<br>Bedarf<br>[MWh/a] |
|---------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|
| Vonovia Wohnen      | 7.288                 | 82                                                   | 597,62                     | 20,82                                       | 151,72                    |
| WOTA Wohnen Block 1 | 5.400                 | 82                                                   | 442,80                     | 20,82                                       | 112,42                    |
| WOTA Wohnen Block 2 | 1.080                 | 82                                                   | 88,56                      | 20,82                                       | 22,48                     |
| Erweiterungsschule  | 5.000                 | 65                                                   | 325,00                     | 2,67                                        | 13,37                     |
| Grundschule         | 4.600                 | 65                                                   | 299,00                     | 2,67                                        | 12,30                     |
| Sporthalle          | 2.260                 | 70                                                   | 158,20                     | 3,61                                        | 8,15                      |
| Kaufland            | 5.000                 | 239                                                  | 1195,00                    | 8,14                                        | 40,71                     |

Tabelle 3: Berechnung des Wärmebedarfs der Neubauten anhand der Flächen des Bebauungsplans und spezifischer Kennwerte

Die Kennwerte für den spezifischen Heizbedarf und des spezifischen Wasserbedarf wurden je Gebäudekategorie aus der VDI 2087-2 verwendet. Beim spezifischen Heizbedarf wurde der Richtwert für die Neubauten verwendet, für den Wasserbedarf der Mittelwert. Beim Wasserbedarf wurde anteilig der TWW-Bedarf berechnet.

Für die Wohngebäude der Vonovia und der WOTA wurden jeweils 3 Etage für die Berechnung der BGF angenommen.

#### 4.1.2 Dimensionierung Wärmenetz

Im nächsten Schritt wurde anhand der berechneten Wärmebedarfe der Gebäude das Wärmenetz für Szenario 1 dimensioniert. Für das Netz wurde davon ausgegangen, dass sich eine zukünftige Wärmezentrale bei der Erweiterungsschule befindet.

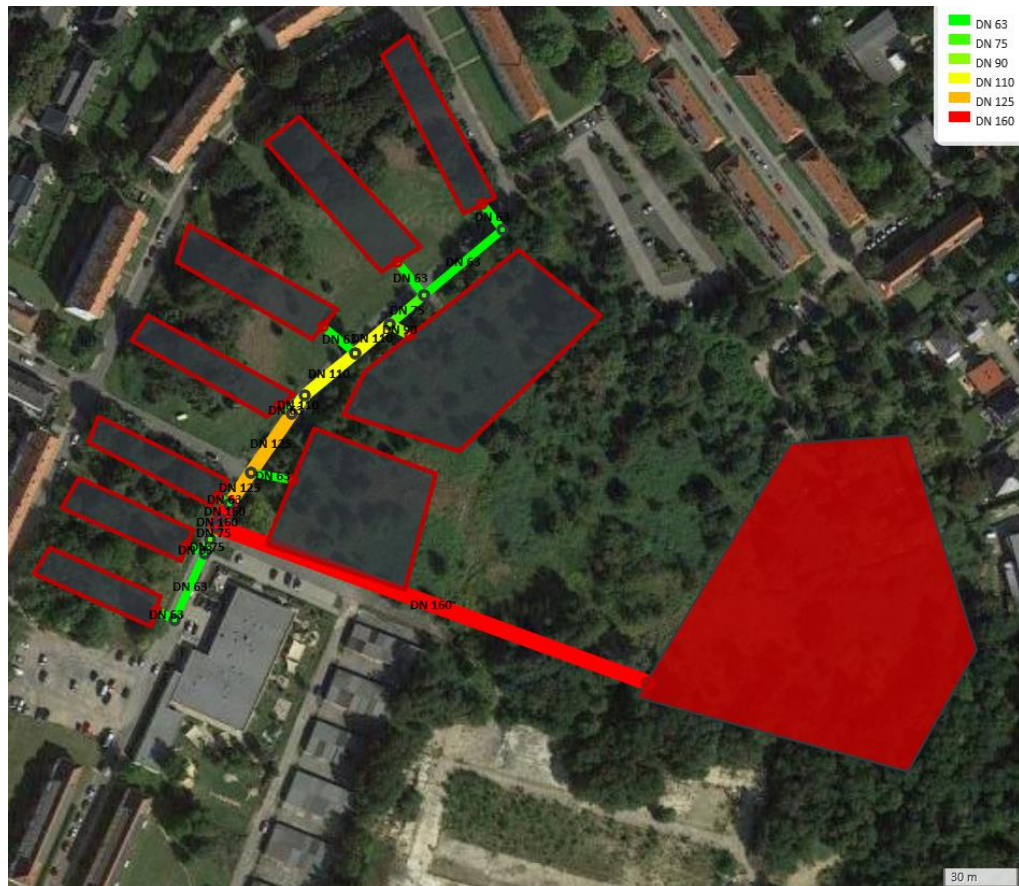


Abbildung 5: Dimensionierung des Wärmenetzes für die erste Ausbaustufe mit Anschluss der Neubauten am Schulcampus Ebertwiese

| Netzeigenschaften      |           |
|------------------------|-----------|
| Trassenlänge           | 0,59 km   |
| davon Verteilleitungen | 0,24 km   |
| davon Hausanschlüsse   | 0,36 km   |
| Anzahl T-Stücke        | 9         |
| Wassermasse            | 4,9 t     |
| Wasservolumen          | 4,8 m³    |
| Wärmeliniedichte       | 3,2 MWh/m |

Tabelle 4: Ergebnisse zu den Eigenschaften des Wärmenetzes für Ausbaustufe 1



### 4.1.3 Dimensionierung Heizzentrale

#### Szenario 1

Für Szenario 1 wurde die Wärmeerzeugung für Ausbaustufe 1 wie folgt dimensioniert:

- **1.600 m<sup>2</sup> Kollektorfläche** → Deckung von ca. **20% des Wärmebedarfs**
- **350 kW Sole-Großwärmepumpe** → Deckung von ca. **65% des Wärmebedarfs**
- **1.100 kW Biomasse-Kessel** → Deckung von ca. **15% des Wärmebedarf**
- **3.000 m<sup>3</sup> Erdbeckenspeicher**

Es ergibt sich die in nachfolgender Abbildung dargestellte Jahresdauerlinie.

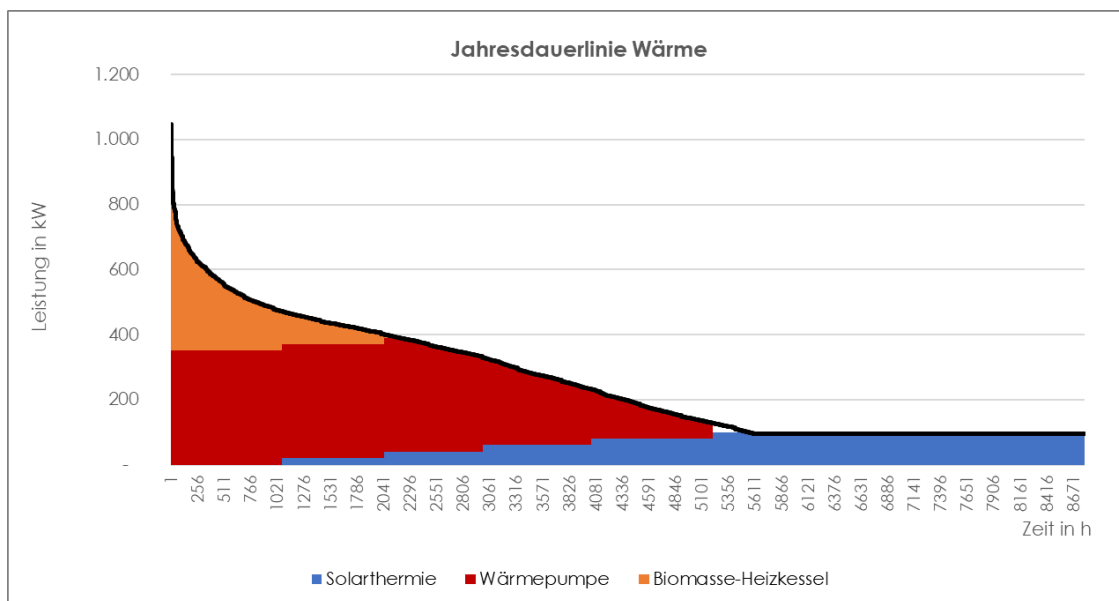


Abbildung 6: Darstellung der Jahresdauerlinie Wärme für Szenario 1 in Ausbaustufe 1



## Szenario 2

Für Szenario 2 wurde die Wärmeherzeugung für Ausbaustufe 1 wie folgt dimensioniert:

- **350 kW Außenluft-Großwärmepumpe** → Deckung von ca. **85% des Wärmebedarfs**
- **1.100 kW Biomasse-Kessel** → Deckung von ca. **15% des Wärmebedarf**

Es ergibt sich die in nachfolgender Abbildung dargestellte Jahresdauerlinie.

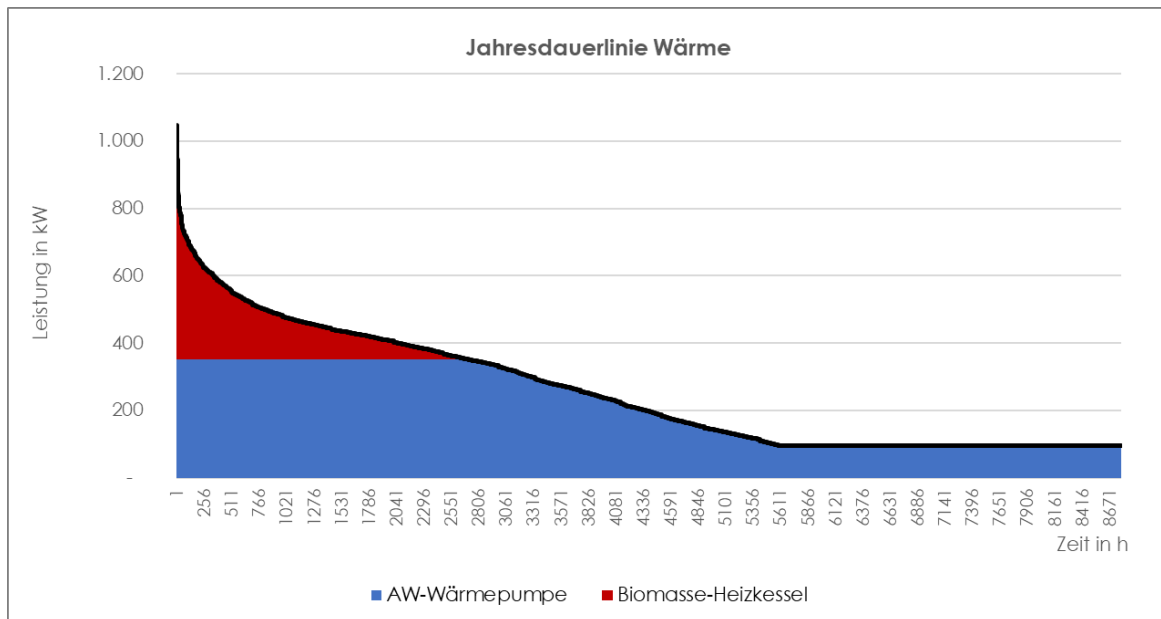


Abbildung 7: Darstellung der Jahresdauerlinie Wärme für Szenario 2 in Ausbaustufe 1



## 4.2 Ausbaustufe 2: Wärmenetz für Neubauten und Bestandsgebäude

In der zweiten Ausbaustufe werden neben den Neubauten auch die Bestandsgebäude im Netzgebiet 3 an das Wärmenetz angeschlossen.

### 4.2.1 Berechnung des Wärmebedarfs und der Anschlusssteilnehmer

Für das Szenario der Anschlüsse im Bestand wird davon ausgegangen, dass sich der große Teil der Wohnblöcke am Wärmenetz anschließt. Bei den Doppelhaushälften schließt sich etwa die Hälfte an, die direkt am Wärmenetz liegen. Einzelne Einfamilienhäuser im Netzgebiet wurden nicht ans Netz angeschlossen.

Der Wärmebedarf ergibt sich aus den Berechnungen aus der kommunalen Wärmeplanung für die Bestandsgebäude.

In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse zu den Anschlusssteilnehmern am Wärmenetz zusammengefasst.

|                                               | Wärmeenergie        |
|-----------------------------------------------|---------------------|
| Heizwärme im Netzgebiet 3                     | 8.812 MWh/a         |
| Trinkwarmwasser im Netzgebiet 3               | 1.407 MWh/a         |
| <b>Gesamtwärmebedarf im Netzgebiet 3</b>      | <b>10.218 MWh/a</b> |
| <b>Wärmebezug der Gebäude am Wärmenetz</b>    | <b>8.022 MWh/a</b>  |
| <b>Anschlussquote anhand des Wärmebedarfs</b> | <b>78,5%</b>        |

Tabelle 5: Ergebnisse zum Wärmebedarf der Anschlusssteilnehmer bei Ausbaustufe 2

|                                                  | Anzahl       | Nutzfläche   |
|--------------------------------------------------|--------------|--------------|
| Gebäude im Netzgebiet 3                          | 151          | 69.897 m²    |
| Ans Wärmenetz angeschlossene Gebäude             | 75           | 51.791 m²    |
| <b>Anschlussquote anhand Anzahl / Nutzfläche</b> | <b>49,7%</b> | <b>74,1%</b> |

Tabelle 6: Ergebnisse zur Anzahl und Nutzfläche bei Ausbaustufe 2





#### 4.2.2 Dimensionierung Wärmenetz

Für das Szenario der Anschlüsse im Bestand wurde davon ausgegangen, dass sich der große Teil der Wohnblöcke am Wärmenetz anschließt. Bei den Doppelhaushälften schließt sich etwa die Hälfte an, die direkt am Wärmenetz liegen. Einzelne Einfamilienhäuser im Netzgebiet wurden nicht ans Netz angeschlossen. Als Ergebnis wird das Wärmenetz wie folgt ausgelegt (siehe nachfolgende Abbildung).



Abbildung 8: Dimensionierung des Wärmenetzes für die zweite Ausbaustufe mit Anschluss der Neubauten und Bestandsgebäude

Für das Netz wurde davon ausgegangen, dass sich die Wärmezentrale bei der Erweiterungsschule befindet.



| Netzeigenschaften      |           |
|------------------------|-----------|
| Trassenlänge           | 3,5 km    |
| davon Verteilleitungen | 2,1 km    |
| davon Hausanschlüsse   | 1,4 km    |
| Anzahl T-Stücke        | 73        |
| Wassermasse            | 35,8 t    |
| Wasservolumen          | 35 m³     |
| Wärmelinieindichte     | 2,2 MWh/m |

Tabelle 7: Ergebnisse zu den Eigenschaften des Wärmenetzes für Ausbaustufe 2

### 4.2.3 Dimensionierung Heizzentrale

#### Szenario 1

Für Szenario 1 wurde die Wärmeherzeugung bei Ausbaustufe 2 wie folgt dimensioniert:

- **5.000 m² Kollektorfläche** → Deckung von ca. **20% des Wärmebedarfs**
- **1.200 kW Sole-Großwärmepumpe** → Deckung von ca. **65% des Wärmebedarfs**
- **4.000 kW Biomasse-Kessel** → Deckung von ca. **15% des Wärmebedarf**
- **3.000 m³ Erdbeckenspeicher**
- **ca. 280 Erdsonden auf ca. 3 ha Fläche**

Es ergibt sich die in nachfolgender Abbildung dargestellte Jahresdauerlinie.

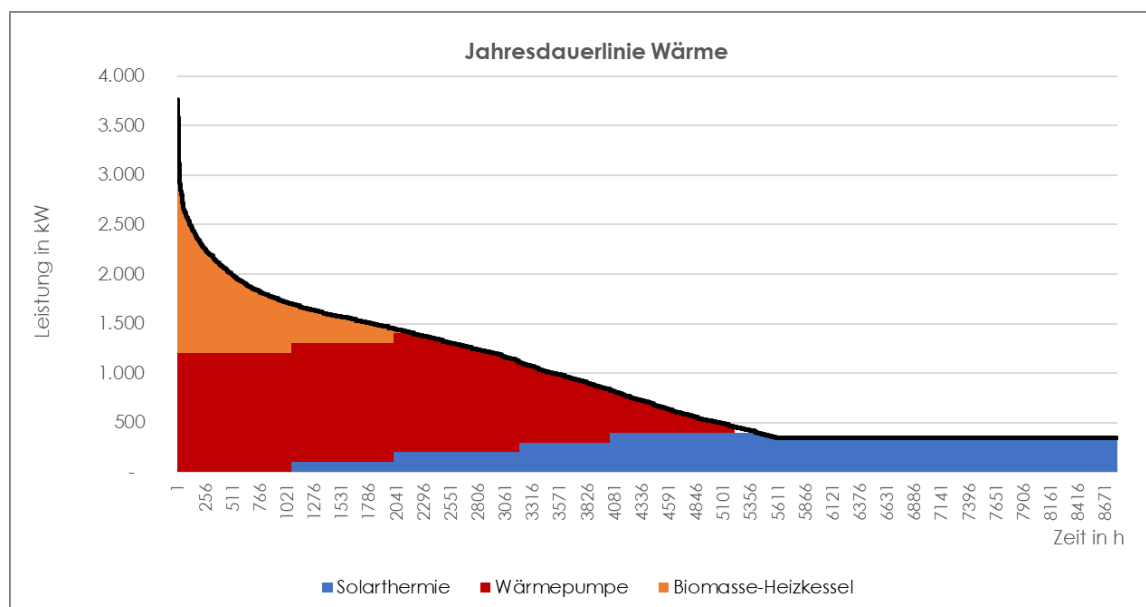


Abbildung 9: Darstellung der Jahresdauerlinie Wärme für Szenario 1 in Ausbaustufe 2





## Szenario 2

Für Szenario 2 wurde die Wärmeerzeugung für Ausbaustufe 2 wie folgt dimensioniert:

- **1.300 kW Außenluft-Großwärmepumpe** → Deckung von ca. **85% des Wärmebedarfs**
- **4.000 kW Biomasse-Kessel** → Deckung von ca. **15% des Wärmebedarf**

Es ergibt sich die in nachfolgender Abbildung dargestellte Jahresdauerlinie.

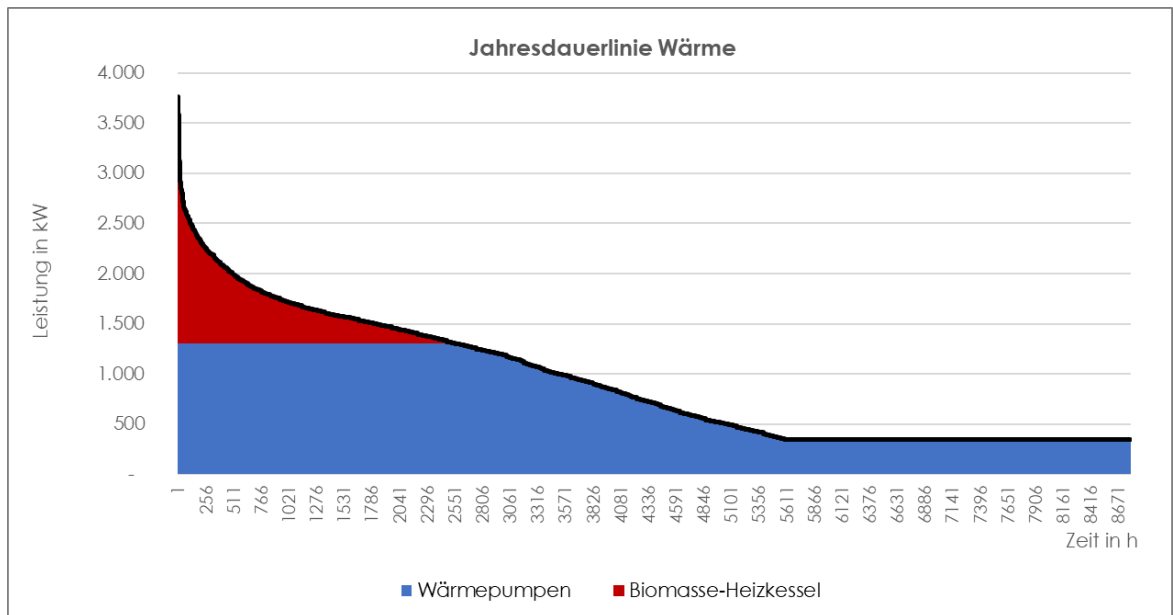


Abbildung 10: Darstellung der Jahresdauerlinie Wärme für Szenario 2 in Ausbaustufe 2



## 5 Wirtschaftlichkeit

### 5.1 Randbedingungen

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden Randbedingungen festgelegt, die nachfolgend dargestellt sind.

#### **Energiekosten (brutto):**

- Strom Haushaltstarif: 0,30 €/kWh
- Strom Wärmepumpentarif Haushalt: 0,28 €/kWh
- Strom-Tarif Großwärmepumpe: 0,25 €/kWh
- Erdgas: 0,12 €/kWh
- Heizöl: 0,12 €/kWh
- Biogas: 0,14 €/kWh

#### **Weitere Annahmen zur Wirtschaftlichkeitsberechnung:**

- Betrachtungszeitraum: 40 Jahre
- Höhe der Betriebs- und Instandhaltungskosten: Werte aus der VDI 2067
- Preisstand der Kosten: (3/2024) gemäß BKI-Baupreisindex



## 5.2 Ausbaustufe 1: Wärmenetz für Neubauten am Schulcampus Ebertwiese

Zunächst wird die Wirtschaftlichkeit der Ausbaustufe 1 betrachtet. In der Ausbaustufe 1 werden die geplanten Neubauten gemäß des Bebauungsplans 58a „Schulcampus Ebertwiese“ angeschlossen.

### 5.2.1 Investitions- und Betriebskosten Wärmenetz

#### Investitionskosten

| <b>Investitionskosten - Wärmenetz</b> |                     |                           |                     |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| <b>Nennweite</b>                      | <b>Trassenlänge</b> | <b>spezifische Kosten</b> | <b>Gesamtkosten</b> |
| <i>DN</i>                             | <i>m</i>            | <i>€/m</i>                | <i>€</i>            |
| 160                                   | 202,5               | 1495                      | 302.672 €           |
| 125                                   | 43,2                | 1269                      | 54.840 €            |
| 110                                   | 53                  | 1102                      | 58.382 €            |
| 90                                    | 17,5                | 903                       | 15.802 €            |
| 75                                    | 29,6                | 819                       | 24.242 €            |
| 63                                    | 211,1               | 819                       | 172.891 €           |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b> |                     |                           | <b>628.829 €</b>    |

Tabelle 8: Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes für Ausbaustufe 1

| <b>Investitionskosten - Übergabestationen</b> |            |                             |                         |                  |
|-----------------------------------------------|------------|-----------------------------|-------------------------|------------------|
| Komponente                                    | Anzahl     | Erzeugerleistung je Gebäude | Kosten je Hausanschluss | Gesamtkosten     |
|                                               | <i>St.</i> | <i>MW</i>                   | <i>€/St</i>             | <i>€</i>         |
| Übergabestation 0,1 MW                        | 8          | ca. 0,1 MW                  | 20.000 €                | 160.000 €        |
| Übergabestation 0,3 MW                        | 1          | ca. 0,3 MW                  | 30.000 €                | 30.000 €         |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>         |            |                             |                         | <b>190.000 €</b> |

Tabelle 9: Investitionskosten für Übergabestationen des Wärmenetzes für Ausbaustufe 1



## Betriebskosten

| <b>Betriebskosten Wärmenetz</b>                      |                           |                   |
|------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
|                                                      | spez. Kosten <sup>1</sup> | Jährliche Kosten  |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Wärmenetz        | 1,0%                      | 6.288 €/a         |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Hausübergabe     | 3,0%                      | 5.700 €/a         |
| <b>Summe Betriebskosten Wärmenetz + Hausübergabe</b> |                           | <b>11.988 €/a</b> |

Tabelle 10: Betriebskosten des Wärmenetzes inklusive Hausübergabe Ausbaustufe 1

## 5.2.2 Investitions- und Betriebskosten der Wärmeherzeugung in Szenario 1

### Investitionskosten

| <b>Investitionskosten – Zentrale Wärmeherzeugung</b> |                      |                      |                    |
|------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Anlagenkomponente                                    | Menge / Größe        | spezifische Kosten   | Gesamtkosten       |
| Solarthermie-Anlage                                  | 1.600 m <sup>2</sup> | 480 €/m <sup>2</sup> | 768.000 €          |
| Wärmepumpe                                           | 350 kW               | 900 €/kW             | 315.000 €          |
| Biomasse-Heizkessel                                  | 1.100 kW             | 118 €/kW             | 130.000 €          |
| Wasseraufbereitung + Druckhaltung Heizzentrale       | -                    | -                    | 76.000 €           |
| Interne Verrohrung + Abgassystem Heizzentrale        | -                    | -                    | 58.000 €           |
| Erdbeckenspeicher                                    | 3.000 m <sup>3</sup> | 300 €/m <sup>3</sup> | 900.000 €          |
| Elektrotechnische + Leittechnische Integration       | -                    | -                    | 50.000 €           |
| Sonstiges/Unvorhergesehenes                          |                      |                      | 100.000 €          |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>                |                      |                      | <b>2.397.000 €</b> |

Tabelle 11: Investitionskosten für zentrale Wärmeherzeugung Szenario 1 – Ausbaustufe 1

Die Investitionskosten der Wärmeherzeugung entsprechen in Summe etwa 2,4 Mio € Netto.

Die Kosten für eine Technikzentrale sind zum Teil in Sonstiges/Unvorhergesehenes berücksichtigt. Es wird für die Kosten davon ausgegangen, dass die Technikzentrale in einem so-wieso entstehenden Neubau untergebracht werden kann und keine zusätzliche Heizzentrale errichtet werden muss.

Bei den Investitionskosten sind keine zusätzlichen Kosten für die Frischwasserstationen (FWS) berücksichtigt, da aus Erfahrung davon ausgegangen wird, dass sich die Investition durch die Einsparung der Trinkwarmwasserleitungen im Gebäude in etwa ausgleicht.

<sup>1</sup> Bei den prozentualen spezifischen Kosten in der obigen Tabelle handelt es sich um den prozentualen Aufwand für Instandsetzung und Wartung/Inspektion aus der VDI 2067-1.



Bei den Betriebskosten sind allerdings Instandhaltungskosten für die FWS berücksichtigt, da diese höhere Instandsetzungskosten als eine zentrale TWW-Bereitung verursachen.

Für die Solarthermie-Anlagen ist davon ausgegangen worden, dass diese in Ausbaustufe 1 direkt vor Ort installiert werden können und keine große Entfernung zur Heizzentrale überbrücken müssen.

| <b>Investitionskosten Gesamt</b>                           |                     |                    |
|------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Kostenposition                                             | Prozentuale Anteile | Gesamtkosten       |
| Investitionskosten Wärmenetz Netto                         |                     | 628.829 €          |
| Investitionskosten Übergabestationen Netto                 |                     | 190.000 €          |
| Investitionskosten Wärmeerzeugung Netto                    |                     | 2.397.000 €        |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>                      |                     | <b>3.215.829 €</b> |
| Planungskosten                                             | 15%                 | 359.550 €          |
| <b>Summe Investitionskosten Netto inkl. Planung</b>        |                     | <b>3.575.379 €</b> |
| MWSt.                                                      | 19%                 | 679.322 €          |
| <b>Summe Investitionskosten Brutto</b>                     |                     | <b>4.254.701 €</b> |
| <b>Förderung von Netto-Investitionskosten <sup>2</sup></b> | 40%                 | 1.430.152 €        |
| <b>Summe Investitionskosten inkl. Förderung Brutto</b>     |                     | <b>2.824.550 €</b> |

Tabelle 12: Zusammenfassung der Investitionskosten inklusive Planungskosten, Förderung und MwSt. bei Szenario 1 – Ausbaustufe 1

Die gesamten Investitionskosten inkl. Förderung belaufen sich in Szenario 1 bei Ausbaustufe 1 auf etwa 2,8 Mio. € Brutto.

<sup>2</sup> Förderung gemäß BAFA-Modul Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) – Modul 2



## Betriebskosten

| <b>Betriebskosten – Zentrale Wärmeerzeugung</b>           |                           |                    |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|
|                                                           | spez. Kosten <sup>3</sup> | Jährliche Kosten   |
| Kosten Strom Wärmepumpe                                   | 0,25 €/kWh                | 77.967 €/a         |
| Kosten Strom Durchlauferhitzer                            | 0,30 €/kWh                | 12.017 €/a         |
| Kosten Biogas                                             | 0,14 €/kWh                | 50.379 €/a         |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Solarthermie          | 1,5%                      | 11.520 €/a         |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Wärmepumpe            | 2,5%                      | 7.875 €/a          |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Heizkessel            | 3,0%                      | 3.900 €/a          |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Erdbeckenspeicher     | 1,0%                      | 9.000 €/a          |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Elektro/Leittechnik   | 10,0%                     | 5.000 €/a          |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Frischwasserstationen | 2,0%                      | 12.800 €/a         |
| <b>Summe Betriebskosten Wärmeerzeugung</b>                |                           | <b>190.458 €/a</b> |

Tabelle 13: Betriebskosten der Wärmeerzeugung – Szenario 1 Ausbaustufe 1

Die Betriebskosten der Wärmeerzeugung in Szenario 1 bei Ausbaustufe 1 entsprechen in Summe etwa 190 Tausend € brutto pro Jahr.

Für die Wärmepumpe, die die Wärme des Erdbeckenspeichers auf die Wärme des mittelwarmen Netzes erhöht, wurde eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 5,0 in der Berechnung angenommen.

<sup>3</sup> Bei den prozentualen spezifischen Kosten in der obigen Tabelle handelt es sich um den prozentualen Aufwand für Instandsetzung und Wartung/Inspektion aus der VDI 2067-1.





## Wärmegestehungskosten

Die Wärmegestehungskosten werden nachfolgend vereinfacht anhand der statischen Berechnung betrachtet. Kostensteigerungen (z.B. Energiepreissteigerung pro Jahr) oder Zinsen werden nicht berücksichtigt.

In der nachfolgenden Grafik sind die aufsummierten Kosten des Wärmenetzes inklusive Wärmeerzeugung über den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren dargestellt. Bei den Investitionskosten ist die Förderung berücksichtigt.



Abbildung 11: Darstellung der Summe der Kosten für Szenario 1 in Ausbaustufe 1

In der obigen Grafik ist berücksichtigt, dass nach 20 Jahren eine Ersatzinvestition in die Technikzentrale stattfinden muss, daher ist ein Knick in der Kurve bei Jahr 20 zu erkennen. Für den Erdbeckenspeicher ist davon ausgegangen worden, dass nach 20 Jahren durch Erneuerungsmaßnahmen etwa 50% der Kosten gegenüber einer Neuinvestition anfallen würden.

Die aufsummierten Kosten für die Investition und den Betrieb des Wärmenetzes betragen über 40 Jahre inklusive der Förderung für die Erstinvestition etwa 13 Mio. €.

Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten.

|                                                                                        |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Wärmegestehungskosten</b> bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) inkl. Förderung | <b>0,14 €/kWh</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Tabelle 14: Wärmegestehungskosten für Szenario 1 bei Ausbaustufe 1 über einen Zeitraum von 40 Jahren inkl. Förderung



Ohne die Förderung aus dem BAFA Modul BEW für die Erstinvestition im Jahre 0 wären die Wärmegestehungskosten bei dieser Variante etwas höher, wie in der nachfolgenden Tabelle deutlich wird.

|                                                                                       |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Wärmegestehungskosten</b> bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) ohne Förderung | <b>0,16 €/kWh</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Tabelle 15: Wärmegestehungskosten für Szenario 1 bei Ausbaustufe 1 über einen Zeitraum von 40 Jahren ohne Förderung

Wie die Grobkostenberechnungen darlegen, würden bei einer statischen Betrachtung die **Wärmegestehungskosten inklusive einer Förderung ca. 0,14 €/kWh** bei Szenario 1 mit Ausbaustufe 1 betragen. **Ohne die Förderung** der Anfangsinvestition wären die Wärmegestehungskosten mit ca. 0,16 €/kWh deutlich höher.

Würde noch eine **Gewinnmarge für den Betreiber von ca. 10%** berücksichtigt, würden die Wärmegestehungskosten **inklusive Förderung** der Anfangsinvestition ca. **0,16 €/kWh und ohne Förderung 0,18 €/kWh** betragen.

.



### 5.2.3 Investitions- und Betriebskosten der Wärmeerzeugung in Szenario 2

#### Investitionskosten

| <b>Investitionskosten – Zentrale Wärmeerzeugung</b> |               |                    |                  |
|-----------------------------------------------------|---------------|--------------------|------------------|
| Anlagenkomponente                                   | Menge / Größe | spezifische Kosten | Gesamtkosten     |
| Wärmepumpe                                          | 350 kW        | 900 €/kW           | 315.000 €        |
| Biomasse-Heizkessel                                 | 1.100 kW      | 118 €/kW           | 130.000 €        |
| Wasseraufbereitung + Druckhaltung Heizzentrale      | -             | -                  | 76.000 €         |
| Interne Verrohrung + Abgassystem Heizzentrale       | -             | -                  | 58.000 €         |
| Wärmespeicher                                       | 20 m³         | 2.850 €/m³         | 57.000 €         |
| Elektrotechnische + Leittechnische Integration      | -             | -                  | 50.000 €         |
| Sonstiges/Unvorhergesehenes                         | -             | -                  | 100.000 €        |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>               |               |                    | <b>786.000 €</b> |

Tabelle 16: Investitionskosten für die Wärmeerzeugung in Szenario 2 – Ausbaustufe 1

Die Investitionskosten der Wärmeerzeugung entsprechen in Summe etwa 790 Tausend € Netto.

Die Kosten für eine Technikzentrale sind zum Teil in Sonstiges/Unvorhergesehenes berücksichtigt. Es wird für die Kosten davon ausgegangen, dass die Technikzentrale in einem so-wieso entstehenden Neubau untergebracht werden kann und keine zusätzliche Heizzentrale errichtet werden muss.

Bei den Investitionskosten sind keine zusätzlichen Kosten für die Frischwasserstationen (FWS) berücksichtigt, da aus Erfahrung davon ausgegangen wird, dass sich die Investition durch die Einsparung der Trinkwarmwasserleitungen im Gebäude in etwa ausgleicht. Bei den Betriebskosten sind allerdings Instandhaltungskosten für die FWS berücksichtigt, da diese höhere Instandsetzungskosten als eine zentrale TWW-Bereitung verursachen.



| <b>Investitionskosten Gesamt</b>                           |                     |                    |
|------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|
| Kostenposition                                             | Prozentuale Anteile | Gesamtkosten       |
| Investitionskosten Wärmenetz Netto                         | -                   | 628.829 €          |
| Investitionskosten Übergabestationen Netto                 | -                   | 174.000 €          |
| Investitionskosten Wärmeerzeugung Netto                    | -                   | 786.000 €          |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>                      | -                   | <b>1.588.829 €</b> |
| Planungskosten                                             | 15%                 | 117.900 €          |
| <b>Summe Investitionskosten Netto inkl. Planung</b>        | -                   | <b>1.706.729 €</b> |
| MWSt.                                                      | 19%                 | 324.279 €          |
| <b>Summe Investitionskosten Brutto</b>                     | -                   | <b>2.031.008 €</b> |
| <b>Förderung von Netto-Investitionskosten <sup>4</sup></b> | 40%                 | 682.692 €          |
| <b>Summe Investitionskosten inkl. Förderung Brutto</b>     | -                   | <b>1.348.316 €</b> |

Tabelle 17: Zusammenfassung der Investitionskosten inklusive Planungskosten, Förderung und MwSt. bei Szenario 2 – Ausbaustufe 1

Die gesamten Investitionskosten inkl. Förderung belaufen sich auf etwa 1,3 Mio. € Brutto.

<sup>4</sup> Förderung gemäß BAFA-Modul Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) – Modul 2



## Betriebskosten

| <b>Betriebskosten – Zentrale Wärmeerzeugung</b>           |                           |                    |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|
|                                                           | spez. Kosten <sup>5</sup> | Jährliche Kosten   |
| Kosten Strom Wärmepumpe                                   | 0,25 €/kWh                | 145.653 €/a        |
| Kosten Strom Durchlauferhitzer                            | 0,30 €/kWh                | 12.017 €/a         |
| Kosten Biogas                                             | 0,14 €/kWh                | 50.379 €/a         |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Wärmepumpe            | 2,5%                      | 7.875 €/a          |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Heizkessel            | 3,0%                      | 3.900 €/a          |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Wärmespeicher         | 2,0%                      | 1.140 €/a          |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Elektro/Leittechnik   | 10,0%                     | 5.000 €/a          |
| Betriebs- und Instandhaltungskosten Frischwasserstationen | 2,0%                      | 12.800 €/a         |
| <b>Summe Betriebskosten Wärmeerzeugung</b>                |                           | <b>238.764 €/a</b> |

Tabelle 18: Betriebskosten der Wärmeerzeugung – Szenario 2 Ausbaustufe 1

Die Betriebskosten der Wärmeerzeugung in Szenario 2 bei Ausbaustufe 1 entsprechen in Summe etwa 240 Tausend € brutto pro Jahr.

Für die Wärmepumpe wurde eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,5 in der Berechnung angenommen.

<sup>5</sup> Bei den prozentualen spezifischen Kosten in der obigen Tabelle handelt es sich um den prozentualen Aufwand für Instandsetzung und Wartung/Inspektion aus der VDI 2067-1.



## Wärmegestehungskosten

Die Wärmegestehungskosten werden nachfolgend vereinfacht anhand der statischen Berechnung betrachtet. Kostensteigerungen (z.B. Energiepreissteigerung pro Jahr) oder Zinsen werden nicht berücksichtigt.

In der nachfolgenden Grafik sind die aufsummierten Kosten des Wärmenetzes inklusive Wärmeerzeugung über den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren dargestellt. Bei den Investitionskosten ist die Förderung nach BEW berücksichtigt.



Abbildung 12: Darstellung der Summe der Kosten für Szenario 2 in Ausbaustufe 1

In der obigen Grafik ist berücksichtigt, dass nach 20 Jahren eine Ersatzinvestition in die Technikzentrale stattfinden muss, daher ist ein Knick in der Kurve bei Jahr 20 zu erkennen.

Die aufsummierten Kosten für die Investition und den Betrieb des Wärmenetzes betragen über 40 Jahre mit Förderung etwa 12 Mio. €. Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten.

|                                                                                        |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Wärmegestehungskosten</b> bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) inkl. Förderung | <b>0,14 €/kWh</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Tabelle 19: Wärmegestehungskosten für Szenario 2 bei Ausbaustufe 1 über einen Zeitraum von 40 Jahren inkl. Förderung



Ohne die Förderung aus dem BAFA Modul BEW wären die Wärmegestehungskosten etwas höher, wie in der nachfolgenden Tabelle deutlich wird.

|                                                                                       |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Wärmegestehungskosten</b> bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) ohne Förderung | <b>0,15 €/kWh</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Tabelle 20: Wärmegestehungskosten für Szenario 2 bei Ausbaustufe 1 über einen Zeitraum von 40 Jahren ohne Förderung

Wie die Grobkostenberechnungen darlegen, würden bei einer statischen Betrachtung Wärmegestehungskosten mit Förderung der Investition von ca. **0,14 €/kWh** entstehen. Dies wäre ohne die Berücksichtigung eines Gewinns für den Betreiber.

Bei Betrachtung einer **Gewinnmarge von 10%** für den Betreiber würden die Wärmegestehungskosten ca. **0,15 €/kWh** betragen.



#### 5.2.4 Vergleich der Wärmegestehungskosten des Wärmenetzes in Ausbaustufe 1 zwischen den Szenarien und der Einzelversorgung

Im Vergleich der beiden Szenarien zur Wärmeversorgung des Wärmenetzes in Ausbaustufe 1 wird deutlich, dass die Summe der Investitions- und Betriebskosten in Szenario 2 stets geringer sind als im Szenario 1 (siehe nachfolgende Abbildung).

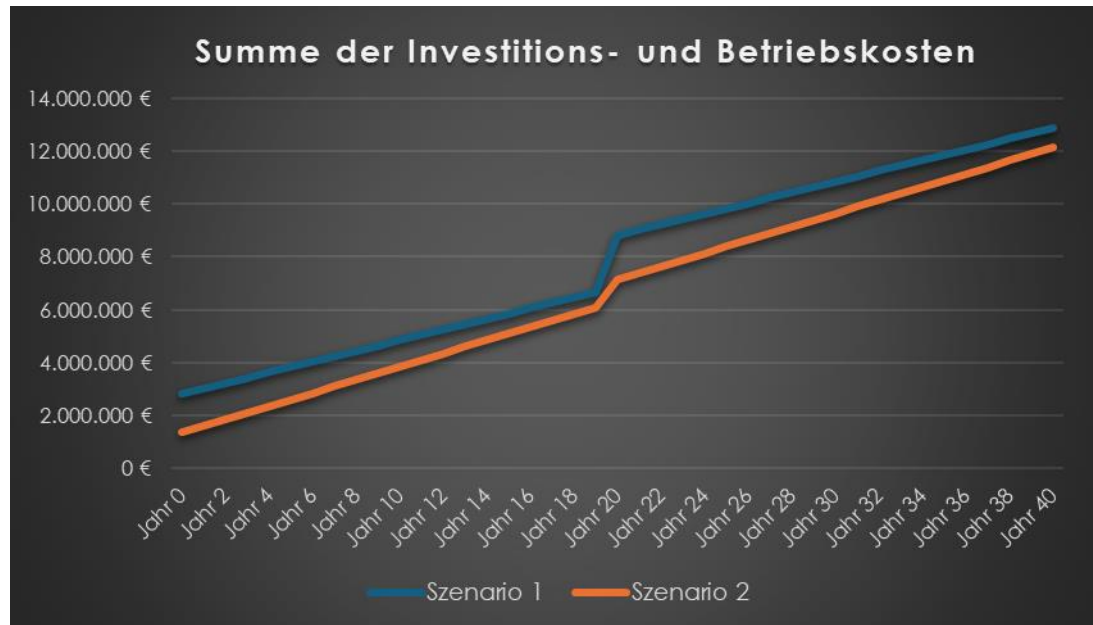


Abbildung 13: Vergleich der Summe der Kosten zwischen Szenario 1 und 2 des Wärmenetzes in Ausbaustufe 1 inkl. Berücksichtigung der Förderungen

Wie aus der oberen Grafik abzulesen ist, sind die Investitionskosten inkl. Förderung zum Jahr 0 in Szenario 1 höher als in Szenario 2. Die Betriebskosten inkl. Energiekosten sind in Szenario 1 geringer als in Szenario 2 und können nach 20 Jahren nahezu die höheren Investitionskosten ausgleichen.

Durch die Ersatzinvestitionen in eine neue Wärmeversorgung nach 20 Jahren steigen die Summe der Kosten in Szenario 1 wieder deutlich an und können die Kosten von Szenario 2 trotz geringerer Betriebskosten nach 40 Jahren nicht ausgleichen.

Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten. In der nachfolgenden Tabelle sind diese für Szenario 1 und 2 bei Ausbaustufe 1 inkl. der Förderungen gegenübergestellt. Außerdem sind die Kosten für eine Einzelversorgung eines Gebäudes Typ Neubau angegeben (siehe Kapitel 5.4.1 für Details).

Neben den Wärmegestehungskosten inkl. Förderung sind auch die Wärmegestehungskosten mit Gewinnmarge eines Betreibers (10%) und die Wärmegestehungskosten ohne Förderung dargestellt.





| <b>Wärmegestehungskosten<br/>(brutto)</b> | <b>Wärmenetz<br/>Szenario 1</b> | <b>Wärmenetz<br/>Szenario 2</b> | <b>Einzelversorgung<br/>Typ Neubau</b> |
|-------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|
| inkl. Förderung                           | <b>0,14 €/kWh</b>               | <b>0,14 €/kWh</b>               | <b>0,18 €/kWh</b>                      |
| Inkl. Förderung und<br>Gewinnmarge (10%)  | <b>0,16 €/kWh</b>               | <b>0,15 €/kWh</b>               |                                        |
| Ohne Förderung                            | <b>0,16 €/kWh</b>               | <b>0,15 €/kWh</b>               |                                        |
| ohne Förderung und<br>Gewinnmarge (10%)   | <b>0,18 €/kWh</b>               | <b>0,16 €/kWh</b>               |                                        |

Tabelle 21: Vergleich der Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 1 des Wärmenetzes für das Neubaugebiet Ebertwiese mit den Kosten für die dezentrale Wärmeversorgung Typ Neubau

Wie in der oberen Tabelle deutlich wird, sind Szenario 1 und 2 bei allen Betrachtungen mit oder ohne Förderung bzw. mit oder ohne Gewinnmarge des Betreibers jeweils günstiger als die Einzelversorgung des Gebäudetyps Neubau im Neubaugebiet Ebertwiese.

Basierend auf den Ergebnissen der Grobkostenberechnung wird empfohlen, das Wärmenetz in der Ausbaustufe 1 im Rahmen einer Machbarkeitsstudie gemäß BEW-Modul 1 der BAFA weiterzuentwickeln. Unter den angenommenen Voraussetzungen, beispielsweise der Anschluss aller Neubauten, erweist sich dies als die wirtschaftlichste Lösung.



### 5.3 Ausbaustufe 2: Wärmenetz für Neubauten und Bestandsgebäude

Im Folgenden wird die Wirtschaftlichkeit der Ausbaustufe 2 betrachtet.

In der Ausbaustufe 2 werden Neubauten und Bestandsgebäude an das Wärmenetz angeschlossen (siehe Kapitel 4.2).

#### 5.3.1 Investitions- und Betriebskosten Wärmenetz

Investitionskosten

| <b>Investitionskosten - Wärmenetz</b> |                     |                           |                     |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| <b>Nennweite</b>                      | <b>Trassenlänge</b> | <b>spezifische Kosten</b> | <b>Gesamtkosten</b> |
| <i>DN</i>                             | <i>m</i>            | <i>€/m</i>                | <i>€</i>            |
| 315                                   | 191,8               | 3.020                     | 579.248 €           |
| 280                                   | 106,8               | 2.752                     | 293.897 €           |
| 250                                   | 200                 | 2.484                     | 496.724 €           |
| 225                                   | 4,7                 | 2.257                     | 10.610 €            |
| 180                                   | 39,8                | 1.792                     | 71.304 €            |
| 160                                   | 134                 | 1.552                     | 207.969 €           |
| 125                                   | 217,5               | 1.327                     | 288.575 €           |
| 110                                   | 429,9               | 1.242                     | 533.854 €           |
| 90                                    | 134,4               | 1.059                     | 142.270 €           |
| 75                                    | 289,5               | 960                       | 278.000 €           |
| 63                                    | 255,6               | 874                       | 223.467 €           |
| 50                                    | 382,5               | 733                       | 280.374 €           |
| 40                                    | 323,3               | 706                       | 228.375 €           |
| 32                                    | 116,5               | 678                       | 78.955 €            |
| 25                                    | 151,4               | 649                       | 98.267 €            |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b> |                     |                           | <b>3.811.887 €</b>  |

Tabelle 22: Zusätzliche Investitionskosten für den Bau des Wärmenetzes für Ausbaustufe 2



| <b>Investitionskosten – Übergabestationen und Booster-Wärmepumpen</b> |        |                             |                                      |                    |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| Art der Übergabestation bzw. Booster-Wärmepumpe                       | Anzahl | Erzeugerleistung je Gebäude | Kosten je Hausanschluss / Wärmepumpe | Gesamtkosten       |
|                                                                       | St.    | kW                          | €/St                                 | €                  |
| Übergabestation < 15 kW                                               | 8      | < 15 kW                     | 5.000 €                              | 40.000 €           |
| Übergabestation 15 - 50 kW                                            | 24     | 15 - 50 kW                  | 9.000 €                              | 216.000 €          |
| Übergabestation 50 - 100 kW                                           | 22     | 50 - 100 kW                 | 18.000 €                             | 396.000 €          |
| Übergabestation > 100 kW                                              | 11     | > 100 kW                    | 26.000 €                             | 286.000 €          |
| Booster Wärmepumpen < 15 kW                                           | 8      | < 15 kW                     | 15.000 €                             | 120.000 €          |
| Booster Wärmepumpen 15 - 50 kW                                        | 24     | 15 - 50 kW                  | 30.000 €                             | 720.000 €          |
| Booster Wärmepumpen 50 - 100 kW                                       | 22     | 50 - 100 kW                 | 50.000 €                             | 1.100.000 €        |
| Booster Wärmepumpen > 100 kW                                          | 11     | > 100 kW                    | 70.000 €                             | 770.000 €          |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>                                 |        |                             |                                      | <b>3.648.000 €</b> |

Tabelle 23: Zusätzliche Investitionskosten für Übergabestationen + Booster Wärmepumpen bei Ausbaustufe 2 des Wärmenetzes



## Betriebskosten

Die Betriebskosten setzen sich zusammen aus den Energiekosten und den Instandhaltungskosten für das Wärmenetz inklusive der Booster-Wärmepumpen.

| <b>Betriebskosten Wärmenetz und dezentrale Wärmeerzeugung</b>     |                           |                    |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|
|                                                                   | spez. Kosten <sup>6</sup> | Jährliche Kosten   |
| Kosten Strom Booster-Wärmepumpen                                  | 0,28 €/kWh                | 212.616 €/a        |
| Kosten Strom Durchlauferhitzer                                    | 0,30 €/kWh                | 12.017 €/a         |
| Instandhaltungskosten Booster-Wärmepumpen                         | 2,5%                      | 67.750 €/a         |
| Instandhaltungskosten Wärmenetz                                   | 1,0%                      | 38.119 €/a         |
| Instandhaltungskosten Hausübergabe                                | 3,0%                      | 28.140 €/a         |
| Instandhaltungskosten Frischwasserstationen                       | 2,0%                      | 12.800 €/a         |
| <b>Summe Betriebskosten Wärmenetz + dezentrale Wärmeerzeugung</b> |                           | <b>371.442 €/a</b> |

Tabelle 24: Betriebskosten des Wärmenetzes und der dezentralen Wärmeerzeugung in Ausbaustufe 2

<sup>6</sup> Bei den prozentualen spezifischen Kosten in der obigen Tabelle handelt es sich um den prozentualen Aufwand für Instandsetzung und Wartung/Inspektion aus der VDI 2067-1.



### 5.3.2 Investitions- und Betriebskosten der Wärmeerzeugung in Szenario 1

#### Investitionskosten

| <b>Investitionskosten – Zentrale Wärmeerzeugung</b> |                      |                      |                    |
|-----------------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| Anlagenkomponente                                   | Menge / Größe        | spezifische Kosten   | Gesamtkosten       |
| Solarthermie-Anlage                                 | 3.400 m <sup>2</sup> | 470 €/m <sup>2</sup> | 1.598.000 €        |
| Wärmepumpe                                          | 850 kW               | 800 €/kW             | 680.000 €          |
| Erdsonden-Feld                                      | 283 Sonden           | 45 €/m               | 1.280.000 €        |
| Biomasse-Heizkessel                                 | 2.900 kW             | 79 €/kW              | 230.000 €          |
| Wasseraufbereitung + Druckhaltung Heizzentrale      | -                    | -                    | 110.000 €          |
| Interne Verrohrung + Abgassystem Heizzentrale       | -                    | -                    | 190.000 €          |
| Elektrotechnische + Leittechnische Integration      | -                    | -                    | 100.000 €          |
| Sonstiges/Unvorhergesehenes                         | -                    | -                    | 200.000 €          |
| Baukosten Technikzentrale                           | -                    | -                    | 500.000 €          |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>               |                      |                      | <b>4.888.000 €</b> |

Tabelle 25: Investitionskosten für die Wärmeerzeugung in Szenario 1 – Ausbaustufe 2

Die Investitionskosten der Wärmeerzeugung entsprechen für Szenario 1 in Ausbaustufe in Summe etwa 4,9 Mio. € Netto.

Es wurden zusätzlich Kosten für den Bau einer neuen Technikzentrale berücksichtigt, da nicht davon ausgegangen wird, dass die ganze Anlagentechnik in die bestehende Technikzentrale der Ausbaustufe 1 integriert werden kann.



| <b>Investitionskosten Gesamt</b>                                 |                     |                     |
|------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Kostenposition                                                   | Prozentuale Anteile | Gesamtkosten        |
| Investitionskosten Wärmenetz Netto                               |                     | 3.811.887 €         |
| Investitionskosten Übergabestationen + Booster-Wärmepumpen Netto |                     | 3.648.000 €         |
| Investitionskosten Wärmeerzeugung Netto                          |                     | 4.888.000 €         |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>                            |                     | <b>12.347.887 €</b> |
| Planungskosten                                                   | 15%                 | 733.200 €           |
| <b>Summe Investitionskosten Netto inkl. Planung</b>              |                     | <b>13.081.087 €</b> |
| MWSt.                                                            | 19%                 | 2.485.407 €         |
| <b>Summe Investitionskosten Brutto</b>                           |                     | <b>15.566.494 €</b> |
| <b>Förderung von Netto-Investitionskosten <sup>7</sup></b>       | 40%                 | 5.232.435 €         |
| <b>Summe Investitionskosten inkl. Förderung Brutto</b>           |                     | <b>10.334.059 €</b> |

Tabelle 26: Zusammenfassung der Investitionskosten inklusive Planungskosten, Förderung und MwSt. bei Szenario 1 – Ausbaustufe 2

Die gesamten Investitionskosten inkl. Förderung belaufen sich für Ausbaustufe 2 bei Szenario 1 auf etwa 10,3 Mio. € Brutto.

<sup>7</sup> Förderung gemäß BAFA-Modul Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) – Modul 2



## Betriebskosten

| <b>Betriebskosten – Zentrale Wärmeerzeugung</b>    |                           |                    |
|----------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|
|                                                    | spez. Kosten <sup>8</sup> | Jährliche Kosten   |
| Kosten Strom zentrale Wärmepumpe Erdbeckenspeicher | 0,25 €/kWh                | 70.879 €/a         |
| Kosten Strom zentrale Wärmepumpe Erdsonden         | 0,25 €/kWh                | 217.520 €/a        |
| Kosten Biogas                                      | 0,14 €/kWh                | 205.898 €/a        |
| Instandhaltungskosten Wärmepumpen                  | 2,5%                      | 17.000 €/a         |
| Instandhaltungskosten Heizkessel                   | 3,0%                      | 6.900 €/a          |
| Instandhaltungskosten Sondenfeld                   | 2,0%                      | 25.600 €/a         |
| Instandhaltungskosten Elektro/Leittechnik          | 10,0%                     | 10.000 €/a         |
| <b>Summe Betriebskosten Wärmeerzeugung</b>         |                           | <b>553.797 €/a</b> |

Tabelle 27: Betriebskosten der zentralen Wärmeerzeugung – Szenario 1 Ausbaustufe 2

Die Betriebskosten der zentralen Wärmeerzeugung aus Energie- und Instandhaltungskosten in Szenario 1 bei Ausbaustufe 2 entsprechen in Summe etwa 550 Tausend € brutto pro Jahr.

Für die Wärmepumpe des Erdbeckenspeichers wurde eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 5,0 in der Berechnung angenommen. Für die Wärmepumpe des Erdsondenfeldes wurde eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 4,5 angenommen.

<sup>8</sup> Bei den prozentualen spezifischen Kosten in der obigen Tabelle handelt es sich um den prozentualen Aufwand für Instandsetzung und Wartung/Inspektion aus der VDI 2067-1.



## Wärmegestehungskosten

Die Wärmegestehungskosten werden nachfolgend vereinfacht anhand der statischen Berechnung betrachtet. Kostensteigerungen (z.B. Energiepreissteigerung pro Jahr) oder Zinsen werden nicht berücksichtigt.

In der nachfolgenden Grafik sind die aufsummierten Kosten des Wärmenetzes inklusive Wärmeerzeugung über den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren dargestellt. Bei den Investitionskosten ist die Förderung nach BEW berücksichtigt.



Abbildung 14: Darstellung der Summe der Kosten für Szenario 1 in Ausbaustufe 2

In der obigen Grafik ist berücksichtigt, dass nach 20 Jahren eine Ersatzinvestition in die Technikzentrale stattfinden muss, daher ist ein Knick in der Kurve bei Jahr 20 zu erkennen.

Die aufsummierten Kosten für die Investition und den Betrieb des Wärmenetzes betragen über 40 Jahre mit Förderung etwa 57 Mio. €. Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten.

|                                                                                        |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Wärmegestehungskosten</b> bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) inkl. Förderung | <b>0,18 €/kWh</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Tabelle 28: Wärmegestehungskosten für Szenario 1 bei Ausbaustufe 2 über einen Zeitraum von 40 Jahren inkl. Förderung





Ohne die Förderung aus dem BAFA Modul BEW wären die Wärmegestehungskosten deutlich höher, wie in der nachfolgenden Tabelle deutlich wird.

|                                                                                       |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Wärmegestehungskosten</b> bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) ohne Förderung | <b>0,22 €/kWh</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Tabelle 29: Wärmegestehungskosten für Szenario 1 bei Ausbaustufe 2 über einen Zeitraum von 40 Jahren ohne Förderung

Wie die Grobkostenberechnungen darlegen, würden bei einer statischen Betrachtung Wärmegestehungskosten mit Förderung der Investition von ca. **0,18 €/kWh** entstehen. Dies wäre ohne die Berücksichtigung eines Gewinns für den Betreiber.

Bei Betrachtung einer **Gewinnmarge von 10%** würden die Wärmegestehungskosten inklusive einer Förderung ca. **0,20 €/kWh** betragen.



### 5.3.3 Investitions- und Betriebskosten der Wärmeerzeugung in Szenario 2

#### Investitionskosten

| <b>Investitionskosten – Zentrale Wärmeerzeugung</b> |               |                    |                    |
|-----------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|
| Anlagenkomponente                                   | Menge / Größe | spezifische Kosten | Gesamtkosten       |
| Wärmepumpe                                          | 950 kW        | 850 €/kW           | 807.500 €          |
| Biomasse-Heizkessel                                 | 2.900 kW      | 79 €/kW            | 230.000 €          |
| Wasseraufbereitung + Druckhaltung Heizzentrale      | -             | -                  | 110.000 €          |
| Interne Verrohrung + Abgassystem Heizzentrale       | -             | -                  | 190.000 €          |
| Wärmespeicher                                       | 50 m³         | 2.000 €/m³         | 100.000 €          |
| Elektrotechnische + Leittechnische Integration      | -             | -                  | 100.000 €          |
| Sonstiges/Unvorhergesehenes                         | -             | -                  | 200.000 €          |
| Baukosten Technikzentrale                           | -             | -                  | 500.000 €          |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>               |               |                    | <b>2.237.500 €</b> |

Tabelle 30: Investitionskosten für die zentrale Wärmeerzeugung in Szenario 2 – Ausbaustufe 2

Die Investitionskosten der zentralen Wärmeerzeugung für Szenario 2 in Ausbaustufe 2 entsprechen in Summe etwa 2,2 Mio. € Netto.

Es wurden zusätzlich Kosten für den Bau einer neuen Technikzentrale berücksichtigt, da nicht davon ausgegangen wird, dass die ganze Anlagentechnik in die bestehende Technikzentrale der Ausbaustufe 1 integriert werden kann.



| <b>Investitionskosten Gesamt</b>                           |                     |                     |
|------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| Kostenposition                                             | Prozentuale Anteile | Gesamtkosten        |
| Investitionskosten Wärmenetz Netto                         |                     | 3.811.887 €         |
| Investitionskosten Übergabestationen Netto                 |                     | 3.648.000 €         |
| Investitionskosten Wärmeerzeugung Netto                    |                     | 2.237.500 €         |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>                      |                     | <b>9.697.387 €</b>  |
| Planungskosten                                             | 15%                 | 335.625 €           |
| <b>Summe Investitionskosten Netto inkl. Planung</b>        |                     | <b>10.033.012 €</b> |
| MwSt.                                                      | 19%                 | 1.906.272 €         |
| <b>Summe Investitionskosten Brutto</b>                     |                     | <b>11.939.285 €</b> |
| <b>Förderung von Netto-Investitionskosten <sup>9</sup></b> | 40%                 | 4.013.205 €         |
| <b>Summe Investitionskosten inkl. Förderung Brutto</b>     |                     | <b>7.926.080 €</b>  |

Tabelle 31: Zusammenfassung der Investitionskosten inklusive Planungskosten, Förderung und MwSt. bei Szenario 2 – Ausbaustufe 2

Die gesamten Investitionskosten inkl. Förderung belaufen sich bei Szenario 2 bei Ausbaustufe 2 auf etwa 7,9 Mio. € Brutto.

<sup>9</sup> Förderung gemäß BAFA-Modul Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) – Modul 2



## Betriebskosten

| <b>Betriebskosten – Zentrale Wärmeerzeugung</b> |                            |                    |
|-------------------------------------------------|----------------------------|--------------------|
|                                                 | spez. Kosten <sup>10</sup> | Jährliche Kosten   |
| Kosten Strom zentrale Wärmepumpe Außenluft      | 0,25 €/kWh                 | 535.755 €/a        |
| Kosten Biogas                                   | 0,14 €/kWh                 | 205.898 €/a        |
| Instandhaltungskosten Wärmepumpen               | 2,5%                       | 20.188 €/a         |
| Instandhaltungskosten Heizkessel                | 3,0%                       | 6.900 €/a          |
| Instandhaltungskosten Elektro/Leittechnik       | 10,0%                      | 10.000 €/a         |
| <b>Summe Betriebskosten Wärmeerzeugung</b>      |                            | <b>778.741 €/a</b> |

Tabelle 32: Betriebskosten der Wärmeerzeugung – Szenario 2 Ausbaustufe 2

Die Betriebskosten der Wärmeerzeugung in Szenario 2 bei Ausbaustufe 2 entsprechen in Summe etwa 780 Tausend € brutto pro Jahr.

Für die Wärmepumpe wurde eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,5 in der Berechnung angenommen.

<sup>10</sup> Bei den prozentualen spezifischen Kosten in der obigen Tabelle handelt es sich um den prozentualen Aufwand für Instandsetzung und Wartung/Inspektion aus der VDI 2067-1.



## Wärmegestehungskosten

Die Wärmegestehungskosten werden nachfolgend vereinfacht anhand der statischen Berechnung betrachtet. Kostensteigerungen (z.B. Energiepreissteigerung pro Jahr) oder Zinsen werden nicht berücksichtigt.

In der nachfolgenden Grafik sind die aufsummierten Kosten des Wärmenetzes inklusive Wärmeerzeugung über den Betrachtungszeitraum von 40 Jahren dargestellt. Bei den Investitionskosten ist die Förderung nach BEW berücksichtigt.

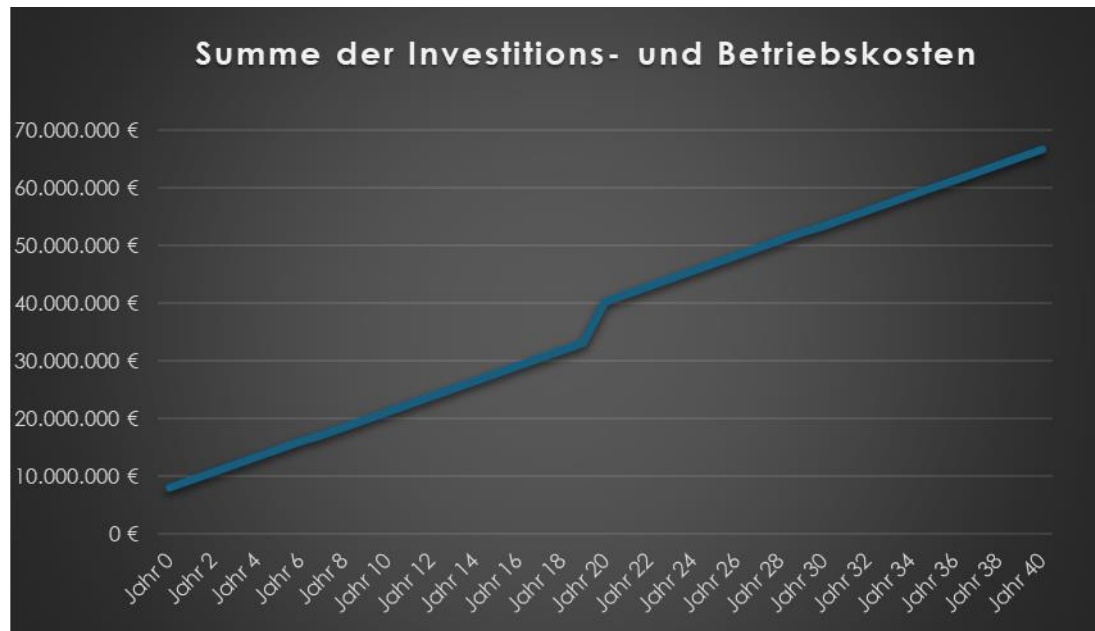


Abbildung 15: Darstellung der Summe der Kosten für Szenario 2 in Ausbaustufe 2

In der obigen Grafik ist berücksichtigt, dass nach 20 Jahren eine Ersatzinvestition in die Technikzentrale stattfinden muss, daher ist ein Knick in der Kurve bei Jahr 20 zu erkennen.

Die aufsummierten Kosten für die Investition und den Betrieb des Wärmenetzes betragen über 40 Jahre mit Förderung etwa 67 Mio. €. Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten.

|                                                                                        |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Wärmegestehungskosten</b> bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) inkl. Förderung | <b>0,21 €/kWh</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Tabelle 33: Wärmegestehungskosten für Szenario 2 bei Ausbaustufe 2 über einen Zeitraum von 40 Jahren inkl. Förderung



Ohne die Förderung aus dem BAFA Modul BEW wären die Wärmegestehungskosten etwas höher, wie in der nachfolgenden Tabelle deutlich wird.

|                                                                                       |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Wärmegestehungskosten</b> bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) ohne Förderung | <b>0,22 €/kWh</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Tabelle 34: Wärmegestehungskosten für Szenario 2 bei Ausbaustufe 2 über einen Zeitraum von 40 Jahren ohne Förderung

Wie die Grobkostenberechnungen darlegen, würden bei einer statischen Betrachtung Wärmegestehungskosten mit Förderung der Investition von ca. **0,21 €/kWh** entstehen. Dies wäre ohne die Berücksichtigung eines Gewinns für den Betreiber.

Bei Betrachtung einer **Gewinnmarge von 10%** würden die Wärmegestehungskosten inklusive der Förderung ca. **0,23 €/kWh** betragen.



### 5.3.4 Vergleich der Wärmegestehungskosten des Wärmenetzes in Ausbaustufe 2 zwischen den Szenarien und der Einzelversorgung

Die folgende Abbildung verdeutlicht, dass im Vergleich zur Ausbaustufe 1 bei Ausbaustufe 2 das Szenario 1 langfristig kostengünstiger ist als Szenario 2.

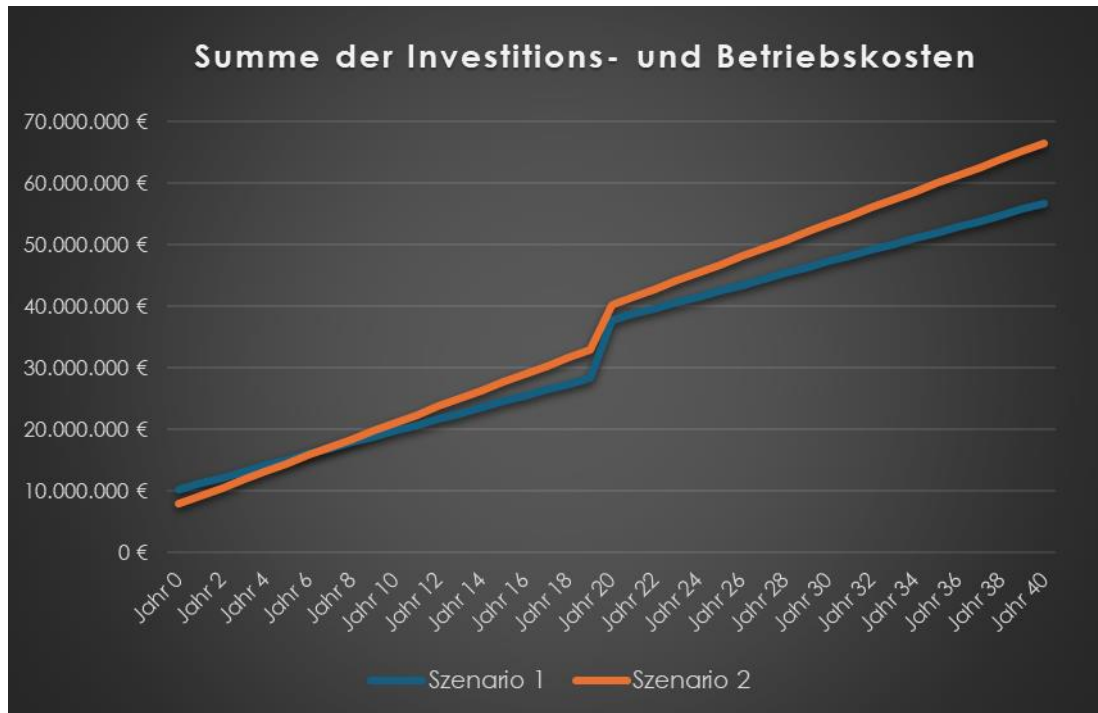


Abbildung 16: Vergleich der Summe der Kosten zwischen Szenario 1 und 2 des Wärmenetzes in Ausbaustufe 2 inkl. Berücksichtigung der Förderungen

Wie in der oberen Grafik ersichtlich, liegen die Investitionskosten inklusive Förderung in Szenario 1 im Jahr 0 höher als in Szenario 2. Allerdings fallen die Betriebs- und Energiekosten in Szenario 1 niedriger aus, sodass die anfänglich höheren Investitionskosten bereits nach etwa 5 Jahren ausgeglichen werden. Ab diesem Zeitpunkt bleibt Szenario 1 dauerhaft die kostengünstigere Option.

Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten. In der nachfolgenden Tabelle sind diese für Szenario 1 und 2 bei Ausbaustufe 1 gegenübergestellt. Außerdem sind die Kosten für eine Einzelversorgung eines Gebäudes Typ Einfamilienhaus (EFH) und Typ Mehrfamilienhaus (MFH) angegeben, die bei einer dezentralen Wärmeversorgung mit einer Außenluft-Wasser-Wärmepumpe zu erwarten sind.<sup>11</sup>

Neben den Wärmegestehungskosten inkl. Förderung sind auch die Wärmegestehungskosten mit Gewinnmarge eines Betreibers (10%) und die Wärmegestehungskosten ohne Förderung dargestellt.

<sup>11</sup> Für detaillierte Informationen zu den Berechnungen der Wärmegestehungskosten für den Typ EFH und MFH inklusive Annahme zu den Förderungen siehe Gebäudesteckbriefe für EFH und MFH, die im Zuge der kommunalen Wärmeplanung erstellt wurden.



| Wärmegestehungskosten(brutto)         | Wärmenetz Szenario 1 | Wärmenetz Szenario 2 | Dezentrale Wärme Typ EFH | Dezentrale Wärme Typ MFH |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
| inkl. Förderung                       | 0,18 €/kWh           | 0,21 €/kWh           | 0,20 €/kWh               | 0,18 €/kWh               |
| Inkl. Förderung und Gewinnmarge (10%) | 0,20 €/kWh           | 0,23 €/kWh           |                          |                          |
| Ohne Förderung                        | 0,22 €/kWh           | 0,22 €/kWh           | 0,25 €/kWh               | 0,19 €/kWh               |
| ohne Förderung, mit Gewinnmarge (10%) | 0,24 €/kWh           | 0,24 €/kWh           |                          |                          |

Tabelle 35: Vergleich der Wärmegestehungskosten für Ausbaustufe 2 des Wärmenetzes für 2 Szenarien mit den Kosten für die dezentrale Wärmeversorgung Typ Bestandsgebäude EFH und MFH

Wie die obere Tabelle zeigt, sind die Wärmegestehungskosten im Vergleich von Einzelversorgung und den Szenarien des Wärmenetzes stark abhängig von den Förderbedingungen.

Wenn es für die Einzelversorgung keine Förderung gibt, für das Wärmenetz allerdings schon, kann dieses bei den angenommenen Voraussetzungen (z.B. Anschlussquote) günstiger sein als die Einzelversorgung. Ansonsten ist bei den aktuell angenommenen Förderungen (Stand 12/2024) die Einzelversorgung mit Wärmepumpe die günstigere Alternative gegenüber dem Wärmenetz für die Bestandsgebäude in Ausbaustufe 2.

Die Ergebnisse der Vorstudie zur Ausbaustufe 2 des Wärmenetzes zeigen, dass vor einer möglichen Umsetzung vertiefende Untersuchungen, beispielsweise in Form einer Machbarkeitsstudie, erforderlich sind. Diese sollen klären, welche Rahmenbedingungen, wie die Anzahl der Anschlussnehmer und die Fördermöglichkeiten, zu diesem Zeitpunkt vorliegen.





## 5.4 Wirtschaftlichkeit der dezentralen Wärmeversorgung der Gebäude

Bei der dezentralen Wärmeversorgung wurden die Wärmegestehungskosten eines typischen Neubaus berechnet. Für Bestandsgebäude wurden die Wirtschaftlichkeit einer dezentralen Wärmeversorgung bereits für den Typ Einfamilienhaus (EFH) und Mehrfamilienhaus (MFH) in den Gebäudesteckbriefen berechnet.<sup>12</sup>

### 5.4.1 Wirtschaftlichkeit - Typ Neubau

#### Grundlagen

Bei der Wirtschaftlichkeit der dezentralen Wärmeversorgung eines Gebäudes wurde ein geplanter Neubau von Vonovia im Neubaugebiet Ebertwiese betrachtet, für den folgende Wärmebedarfe berechnet wurden.

|                                 | BGF<br>Gesamt<br>[m <sup>2</sup> ] | spezifischer<br>Heizbedarf<br>Richtwert<br>[kWh/m <sup>2</sup> a] | Heiz-<br>bedarf<br>[MWh/a] | spezifischer<br>TWW-<br>Bedarf<br>[kWh/m <sup>2</sup> a] | TWW-<br>Bedarf<br>[MWh/a] |
|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------|
| Einzelgebäude<br>Vonovia Wohnen | 1.822                              | 82                                                                | 149,40                     | 20,82                                                    | 37,93                     |

Tabelle 36: Berechnung des Wärmebedarfs des Gebäudetyp Neubaus anhand Flächen und spezifischer Kennwerte

Die dezentrale Wärmeversorgung des Neubaus wird durch eine Außenluft-Wasser-Wärmepumpe am Gebäude sichergestellt. Die Wärmepumpe stellt die notwendigen Temperaturen für die Heizflächen bereit. Die Warmwasserversorgung ist dezentral pro Wohnung angeordnet und besteht aus Frischwasserstationen mit nachgeschalteten Durchlauferhitzern. Die Frischwasserstationen werden durch die Außenluft-Wasser-Wärmepumpe mit Wärme versorgt (siehe nachfolgende Abbildung).

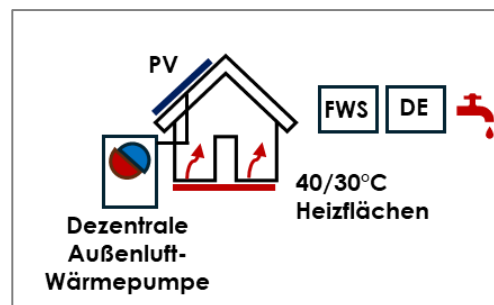


Abbildung 17: Darstellung des dezentralen Wärmeversorgung für den Typ Neubau

<sup>12</sup> Für detaillierte Informationen zu den Berechnungen der Wärmegestehungskosten für den Typ EFH und MFH inklusive Annahme zu den Förderungen siehe Gebäudesteckbriefe für EFH und MFH, die im Zuge der kommunalen Wärmeplanung erstellt wurden.



## Investitionskosten

| <b>Investitionskosten dezentrale Wärmeerzeugung</b> |           |                    |                  |
|-----------------------------------------------------|-----------|--------------------|------------------|
|                                                     | Dimension | spezifische Kosten | Kosten Gebäude   |
| Dezentrale Wärmepumpe                               | 100 kW    | 1.100 €/kW         | 110.000 €        |
| Wasseraufbereitung + Druckhaltung                   | -         | -                  | 5.000 €          |
| Wärmespeicher                                       | 2 m³      | -                  | 10.000 €         |
| Interne Verrohrung                                  | -         | -                  | 8.000 €          |
| Elektrotechnische + Leittechnische Integration      | -         | -                  | 5.000 €          |
| Sonstiges/Unvorhergesehenes                         | -         | -                  | 10.000 €         |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>               |           |                    | <b>148.000 €</b> |

Tabelle 37: Investitionskosten für die dezentrale Wärmeerzeugung für den Typ Neubau

Bei den Investitionskosten sind keine zusätzlichen Kosten für die Frischwasserstationen (FWS) berücksichtigt, da aus Erfahrung davon ausgegangen wird, dass sich die Investition durch die Einsparung der Trinkwarmwasserleitungen im Gebäude in etwa ausgleicht.

Bei den Betriebskosten sind allerdings Instandhaltungskosten für die FWS berücksichtigt, da diese höhere Instandsetzungskosten als eine zentrale TWW-Bereitung verursachen.

| <b>Gesamtkosten inkl. Planungskosten</b>            |                     |                  |
|-----------------------------------------------------|---------------------|------------------|
|                                                     | Prozentuale Anteile | Gesamtkosten     |
| <b>Summe Investitionskosten Netto</b>               | -                   | <b>148.000 €</b> |
| Planungskosten                                      | 24%                 | 35.816 €         |
| <b>Summe Investitionskosten Netto inkl. Planung</b> | -                   | <b>183.816 €</b> |
| MwSt.                                               | 19%                 | 34.925 €         |
| <b>Summe Investitionskosten Brutto</b>              | -                   | <b>218.741 €</b> |

Tabelle 38: Zusammenfassung der Investitionskosten inklusive Planungskosten und MwSt. bei der dezentralen Wärmeversorgung für den Typ Neubau

In Summe betragen die Investitionskosten Brutto in etwa 220 Tausend € inkl. Planungskosten und MwSt. Förderungen sind nicht berücksichtigt, da aktuell für die dezentrale Wärmeerzeugung eines Neubaus mit erneuerbaren Energien keine Förderungen bekannt sind.



## Betriebskosten

|                                             | spez. Kosten | Jährliche Kosten  |
|---------------------------------------------|--------------|-------------------|
| Kosten Strom dezentrale Wärmepumpen         | 0,28 €/kWh   | 16.392 €/a        |
| Kosten Strom Durchlauferhitzer              | 0,30 €/kWh   | 1.422 €/a         |
| Instandhaltungskosten Wärmepumpe            | 2,5%         | 2.750 €/a         |
| Instandhaltungskosten Wärmespeicher         | 2,0%         | 200 €/a           |
| Instandhaltungskosten Elektro/Leittechnik   | 10,0%        | 500 €/a           |
| Instandhaltungskosten Frischwasserstationen | 2,0%         | 1.440 €/a         |
| <b>Summe Betriebskosten Wärmezeugung</b>    |              | <b>22.704 €/a</b> |

Tabelle 39: Betriebskosten der dezentralen Wärmezeugung – Typ Neubau

Die Betriebskosten der dezentrale Wärmezeugung Typ Neubau entsprechen etwa 21 Tausend € brutto pro Jahr.

Für die Wärmepumpe wurde eine Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3,2 in der Berechnung angenommen.



## Wärmegestehungskosten

Die Wärmegestehungskosten werden nachfolgend vereinfacht anhand der statischen Berechnung betrachtet. Kostensteigerungen (z.B. Energiepreissteigerung pro Jahr) oder Zinsen werden nicht berücksichtigt.

In der nachfolgenden Grafik sind die aufsummierten Kosten (Investitions- und Betriebskosten) der dezentralen Wärmeerzeugung des Gebäudetyps Neubaus in einem Zeitraum von 40 Jahren dargestellt.

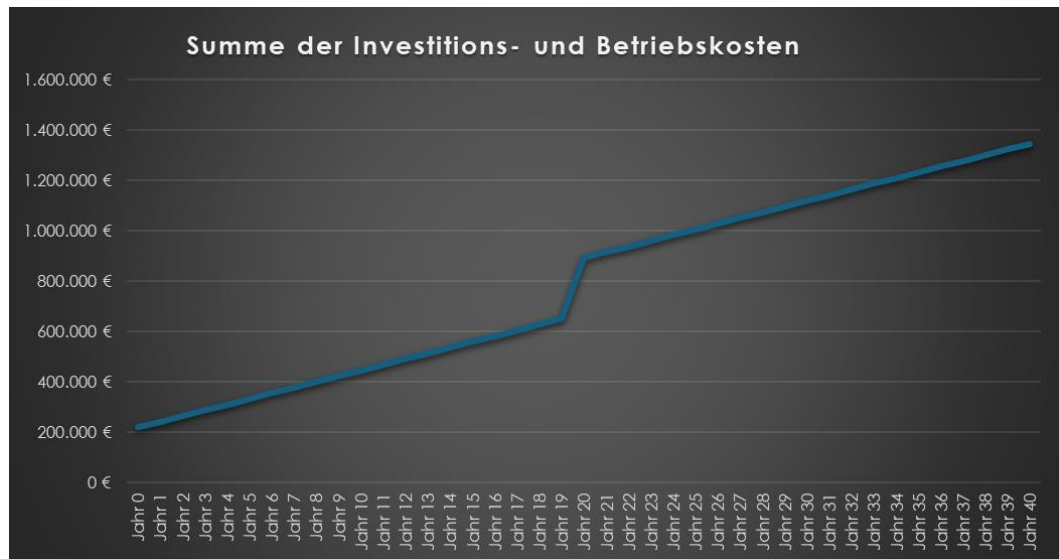


Abbildung 18: Darstellung der Summe der Kosten für die dezentrale Wärmeerzeugung Typ Neubau

In der obigen Grafik ist berücksichtigt, dass nach 20 Jahren eine Ersatzinvestition in die dezentrale Wärmeversorgung stattfindet, daher ist ein Knick in der Kurve bei Jahr 20 zu erkennen.

Die aufsummierten Kosten für die Investition und den Betrieb der dezentralen Wärmeerzeugung Typ Neubau betragen über 40 Jahre etwa 1,27 Mio. €. Die aufsummierten Kosten dividiert durch die Summe der Wärmemenge in 40 Jahren ergeben die Wärmegestehungskosten.

|                                                                        |                   |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Wärmegestehungskosten</b> bei einem Zeitraum von 40 Jahren (brutto) | <b>0,18 €/kWh</b> |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------|

Tabelle 40: Wärmegestehungskosten für die dezentrale Wärmeerzeugung – Typ Neubau

Wie die Grobkostenberechnung für die dezentrale Wärmeerzeugung für den Typ Neubau darlegt, würden in etwa **Wärmegestehungskosten von 0,18 €/kWh** entstehen. Da keine Förderungen im Bereich der dezentralen Wärmeversorgung für Neubauten bekannt sind, wurden diese nicht berücksichtigt.